

# Primjena BIM-a u izradi varijantnih rješenja konstrukcije lukobrana u uvali Velopin

---

Tutić, Katarina

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:064766>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Katarina Tutić**

**Primjena BIM-a u izradi varijantnih rješenja konstrukcije lukobrana u uvali  
Velopin**

**Diplomski rad**

**Rijeka, 2022.**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Sveučilišni diplomski studij građevinarstvo**

**Konstrukcije**

**Računalno modeliranje**

**Katarina Tutić**

**JMBAG: 0114030698**

**Primjena BIM-a u izradi varijantnih rješenja konstrukcije lukobrana u uvali  
Velopin**

**Diplomski rad**

**Rijeka, rujan 2022.**

Rijeka, 30. kolovoza 2022.

Fakultet: **Građevinski fakultet**  
Predmet: **Računalno modeliranje**  
Grana: **2.05.02 nosive konstrukcije**

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 14

Pristupnik: **Katarina Tutić (0114030698)**  
Studij: **Građevinarstvo**  
Modul: **Konstrukcije**

Zadatak: **Primjena BIM-a u izradi varijantnih rješenja konstrukcije lukobrana u uvali Velopin**

### Opis zadatka:

Izraditi digitalni model terena i podmorja u programu Allplan. Izraditi model obalne konstrukcije sa rubnim uvjetima, uvjetima temeljenja i opterećenjima od vjetrova i morskih valova u programu Scia. Načiniti analizu različitih rješenja za valobrani ekran (bez i sa ukrutama različitog položaja), te predložiti optimalno s obzirom na dimenzije, vrstu konstrukcije, opterećenje i način izvedbe.

Zadatak uručen pristupniku: 15. ožujka 2022.  
Rok za predaju rada: 28. kolovoza 2022.

Mentor:




---

Izv. prof. dr. sc. Neira Torić Malić

## IZJAVA

Diplomski rad izradila sam samostalno, u suradnji s mentoricom/mentorom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.



---

Katarina Tutić

U Rijeci, 1.4.2022.

Diplomski rad nastao je kao rezultat rada u okviru projekta Unaprjeđenje modela stjecanja stručnih kompetencija učenjem uz rad kroz izradu diplomskog rada (GraDiS)

Voditeljica projekta – izv. prof. dr. sc. Silvija Mrakovčić

Šifra projekta – A3-21-6

Financijer projekta – Sveučilište u Rijeci – programska linija UNIRI CLASS A3

Pravna nadležnost – Sveučilište u Rijeci

U Rijeci, 1.4.2022.

Mentor

---

## Zahvala

Ovim putem zahvaljujem se svojoj akademskoj mentorici doc.dr.sc. Neiri Torić Malić, dipl.ing.građ. i stručnom komentoru Goranu Brnčiću, dipl.ing.građ. na razumijevanju i pruženoj pomoći tijekom izrade ovoga diplomskoga rada i na svim savjetima i prenesenom znanju.

Zahvaljujem se svim djelatnicima Građevinskog fakulteta u Rijeci na znanju koje sam stekla u ovih pet godina studiranja.

Također, željela bih se zahvaliti korisničkoj podršci baldinistudio na pruženoj pomoći prilikom korištenja softvera Allplan i SCIA za vrijeme izrade diplomskoga rada.

Naposlijetku posebno hvala mojim roditeljima, sestrama, bratu, dečku i ostaloj obitelji i prijateljima na pomoći i podršci pruženoj prilikom izrade ovoga rada kao i tijekom cijelog studiranja.

## Sadržaj

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1.     | UVOD .....  | 1  |
| 2.     | POLOŽAJ I POSTOJEĆE STANJE UVALE VELOPIN .....                      | 2  |
| 2.1.   | Izrada modela postojećeg stanja u programima Allplan i Lumion ..... | 6  |
| 3.     | VJETROVALNA KLIMA I UVIJETI MORKSKOGA DNA.....                      | 14 |
| 3.1.   | Geotehničke značajke uvale Velopin.....                             | 14 |
| 3.1.2. | Odabir položaja konstrukcije valobrana .....                        | 17 |
| 3.1.3. | Izrada 3D modela terena u Allplanu .....                            | 19 |
| 3.2.   | Vjetrovalna klima .....   | 21 |
| 4.     | KARAKTERISTIKE MORA.....  | 26 |
| 4.1.   | Morske razine .....   | 26 |
| 4.2.   | Morske struje.....  | 27 |
| 4.3.   | Valovi na području Malološinjskog zaljeva .....                     | 28 |
| 5.     | TEHNIČKI OPIS .....   | 30 |
| 6.     | KATEGORIZACIJA PLOVILA .....  | 37 |
| 7.     | ANALIZA OPTEREĆENJA .....   | 44 |
| 7.1.   | Opterećenje koje uzrokuju plovila .....                             | 44 |
| 7.1.1. | Opterećenje od djelovanja vjetra na plovila .....                   | 44 |
| 7.1.2. | Opterećenje od djelovanja valova na plovila .....                   | 52 |
| 7.1.3. | Ukupno opterećenje na valobran od plovila .....                     | 54 |
| 7.1.4. | Sila na bitvu i sila u konopcu .....                                | 55 |
| 7.2.   | Proračun djelovanja valova na valobrani ekran .....                 | 64 |
| 7.2.1. | Metoda Goda .....   | 65 |
| 7.2.2. | Metoda Sainflou .....   | 71 |
| 7.3.   | Temperaturno opterećenje.....                                       | 79 |
| 7.4.   | Deformacije od skupljanja betona .....                              | 84 |
| 7.5.   | Seizmičko opterećenje.....  | 88 |
| 8.     | PRORAČUN KONSTRUKCIJE LUKOBRANA .....                               | 94 |
| 8.1.1. | Računski model pilota .....   | 94 |
| 8.2.   | Proračun naglavnica lukobrana .....                                 | 95 |
| 8.2.1. | Naglavnica tipa a .....   | 99 |



|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 8.2.2. | Naglavnica tipa b .....  | 101 |
| 8.2.3. | Naglavnica tipa c .....  | 103 |
| 8.2.4. | Naglavnica tipa d .....  | 105 |
| 8.3.   | Odabir položaja rebara na valobranom ekranu .....                  | 106 |
| 8.2.1. | Varijanta 1 – Valobrani ekran bez rebara .....                     | 115 |
| 8.2.2. | Varijanta 2 – Valobrani sa rebrima udaljenima 70 cm od ruba .....  | 120 |
| 8.2.3. | Varijanta 3 – Valobrani sa rebrima udaljenima 100 cm od ruba ..... | 125 |
| 8.2.3. | Usporedba rezultata .....  | 130 |
| 8.3.   | Proračun valobranog ekrana .....                                   | 131 |
| 8.3.1. | Valobrani ekran tipa 1 .....                                       | 132 |
| 8.3.2. | Valobrani ekran tipa 2 .....                                       | 136 |
| 8.3.3. | Valobrani ekran tipa 4 .....                                       | 139 |
| 8.3.4. | Valobran tipa 5 .....  | 143 |
| 8.3.5. | Usporedba valobranih ekrana .....                                  | 148 |
| 8.4.   | Proračun armiranobetonske ploče .....                              | 148 |
| 8.5.   | Proračun i dimezioniranje zidića lukobrana .....                   | 150 |
| 8.6.   | Rezultati za dio konstrukcije A .....                              | 153 |
| 8.7.   | Rezultati za dio konstrukcije b .....                              | 174 |
| 8.8.   | Rezultati za dio konstrukcije c .....                              | 193 |
| 9.     | VIZUALIZACIJA MODELA .....   | 209 |
|        | ZAKLJUČAK .....  | 213 |
|        | LITERATURA .....   | 215 |
|        | PRILOZI .....  | 217 |
|        | NACRTI .....   | 218 |

## **Sažetak**

Lukobran koji će služiti kao privezište plovila planira se izvesti u Uvali Velopin, koja se nalazi na Malome Lošinju. Potrebno je proučiti lokaciju na kojoj je planirana izvedba konstrukcije. Provedenim studijama i geodetskim snimanjima dan je jasan prikaz vjetrovalne klime, karakteristika mora i uvjeta morskog dna. Uz pomoć BIM softvera predloženo je idejno rješenje konstrukcije. Konstrukcija lukobrana sastojat će se od četiri dijela konstrukcije koja su međusobno odvojena dilatacijama. Svaki segment konstrukcije proračunat će se zasebno za fazu izvođenja. Proračunom će se odabrati ona varijanta svakog elementa koji ima najbolje karakteristike. Također će biti proveden proračun kada je konstrukcija u fazi uporabe. Na kraju rada dan je vizualni model i prijedlog rješenja izvedbe lukobrana.

Ključne riječi: lukobran, Velopin, studije, geodetska snimanja, BIM, konstrukcija, model

## **Summary**

A breakwater that will be a vessel mooring is planned to be built in cove named Velopin, which is located on Mali Lošinj island. It is necessary to study the location where the construction is planned. The conducted studies and geodetic surveys gave a better picture on the wind climate, sea characteristics and the conditions of the seabed. A conceptual solution of the breakwater is given using BIM softwares. The structure of the breakwater will consist of four parts of the structure, which are separated from each other by expansion joints. Each construction segment will be calculated separately for the building phase. Variant of each element will be selected by their characteristics. A calculation will also be carried out when the structure is finished. At the end of the paper, a visual model and proposal for a breakwater design solution was given.

Key words: breakwater, Velopin, studies, geodetic surveys, BIM, construction, model

**Popis oznaka i kratica**

|              |   |
|--------------|---|
| $B_m$        | širina plovila  |
| $B'$         | širina privezišta za plovilo                                  |
| $L$          | duljina plovila   |
| $L'$         | duljinaprivezišta za plovilo                                  |
| $h_m$        | nadvođe plovila   |
| $T_m$        | gaz plovila   |
| $H_j$        | visina jarbola  |
| $B_j$        | debljina jarbola  |
| $\nabla$     | istisnina od plovila  |
| $A_{Tm}$     | poprečna površina nadvođa                                     |
| $A_{Lm}$     | uzdužna površina nadvođa                                      |
| $A$          | maksimalna visina nadvođa                                     |
| $w$          | pritisak vjetra   |
| $C$          | aerodinamički koeficijent otpora izložene površine            |
| $\rho_z$     | gustoća zraka   |
| $v$          | prosječna brzina vjetra                                       |
| $B$          | jakost vjetra u stupnjevima Beuforta                          |
| $(v_{10})_t$ | brzina vjetra u m/s korigirana s obzirom na mahovitost vjetra |
| $t$          | period mahovitosti izražen u sekundama                        |
| $v_z$        | srednja brzina vjetra na visini $z$ iznad mora                |
| $v_{z=10m}$  | srednja brzina vjetra na visini 10m iznad mora                |
| $z$          | visina iznad tla na kojoj se traži brzina vjetra              |
| $z_0$        | parametar hrapavosti za valovitu morsku površinu              |
| $F_w$        | sile koje uzrokuju zanošenje plovila                          |
| $g$          | gravitacijsko ubrzanje  |

|                 |  |
|-----------------|--|
| $\rho_m$        | gustoća morske vode  |
| $H_s$           | visina projektnog vala   |
| $W_{L\_krmeno}$ | Sila vjetra koja djeluje uzduž plovila                           |
| $Q_B$           | <i>sila kojom plovilo djeluje na bitvu</i>                       |
| $N_B$           | <i>horizontalna komponenta sile <math>Q_B</math></i>             |
| $T_B$           | <i>vertikalna komponenta sile <math>Q_B</math></i>               |
| $V_B$           | <i>visinska komponenta sile <math>Q_B</math></i>                 |
| $n$             | poprečna sila po m' obale  |
| $t$             | uzdužna sila po m' obale   |
| $v$             | vertikalna sila po m' obale                                      |
| $H_B$           | <i>horizontalna projekcija sile <math>Q_B</math></i>             |
| $H_{1/100}$     | visina stotinskog vala s povratnim periodom od 100 godina        |
| $H_{1/3}$       | visina trećinskog vala   |
| $\eta^*$        | visina do koje djeluje pritisak vala                             |
| $L_0$           | duljina dubokovodnog vala  |
| $p_1, p_2, p_3$ | horizontalni pritisci na prednjoj strani lukobrana               |
| $p_u$           | vertikalni pritisci na lukobran                                  |
| $\alpha_1$      | faktori koji ovisi o utjecaju vala na raspodjelu pritisaka       |
| $\alpha^*$      | faktori koji ovisi o porastu valnog pritiska zbog plitkog nasipa |
| $\alpha_3$      | faktori koji ovisi o linearnoj raspodjeli pritisaka              |
| $b$             | visina od dna valobrana do morskog dna                           |
| $ds$            | dubina dna do PMR  |
| $h$             | visina uronjenog dijela ekrana valobrana do PMR                  |
| $K_l$           | kota vrha lukobrana  |
| $h_0$           | Podizanje srednjeg nivoa mora                                    |
| $K_t$           | koeficijent transmisije  |

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| $h_0'$                              | povišenje srednjeg nivoa mora s vanjske strane valobrana               |
| $H'$                                | reducirana visina stojnog vala za vanjsku stranu valobrana             |
| $H_1'$                              | podizanje od srednje visine mora sa vanjske strane valobrana           |
| $h''$                               | povišenje srednjeg nivoa mora s unutarnje strane valobrana             |
| $H''$                               | reducirana visina stojnog vala za unutarnju stranu valobrana           |
| $H_V''$                             | podizanje od srednje visine mora sa unutarnje strane valobrana         |
| $p_1^V, p_0^V, p_2^V, p_3^V, p_4^V$ | Vanjski pritisci od valova na valobran                                 |
| $p_1^U, p_0^U, p_3^U$               | Unutarnji pritisci od valova na valobran                               |
| $p_0^r, p_3^r$                      | Rezultantni pritisci od valova na valobran                             |
| $P_w$                               | Rezultantna sila djelovanja valova                                     |
| $T_{max,50}$                        | maksimalne temperature   |
| $T_{min,50}$                        | minimalne temperature  |
| $T_0$                               | najniža proračunska temperatura  |
| $\Delta T_{N,neg}$                  | temperaturna razlika pri kojoj se događa skupljanje betona             |
| $\Delta T_{N,poz}$                  | temperaturna razlika pri kojoj se događa širenje betona                |
| $\Delta T$                          | raspon proračunske temperature   |
| $\Delta T_{M,poz}$                  | temperaturna razlika pri nejednolikoj izloženosti temperaturi na suncu |
| $\Delta T_{M,neg}$                  | temperaturna razlika pri nejednolikoj izloženosti temperaturi na sjeni |
| $h_0$                               | srednji polumjer presjeka  |
| $\epsilon_{cs}$                     | deformacija koja je prouzročena skupljanjem                            |
| $\epsilon_{cd}$                     | suma deformacije stvrdnutog betona zbog njegovog sušenja               |
| $\epsilon_{ca}$                     | deformacija koja je prouzročena skupljanjem                            |
| $\epsilon_{cd,0}$                   | deformacija uslijed sušenja betona                                     |
| $\alpha_{ds1}, \alpha_{ds2}$        | koeficijenti koji ovise o tipu cementa                                 |
| $f_{cm}$                            | srednja tlačna čvrstoća betona   |
| $k_h$                               | koeficijent koji ovisi o srednjem polumjeru presjeka $h_0$             |
| $\beta_{RH}$                        | koeficijent vlažnosti  |

|                |  |
|----------------|--|
| $S$            | faktor tla   |
| $T$            | Period vala  |
| $T_B(s)$       | donja granica perioda s granom konstantnog spektralnog ubrzanja              |
| $T_C(s)$       | gornja granica perioda s granom konstantnog spektralnog ubrzanja             |
| $T_D(s)$       | vrijednost koja definira početak konstantnog raspona odziva u spektru pomaka |
| $S_d(T)$       | elastični spektr odziva  |
| $G_{k,j}$      | stalno djelovanje  |
| $Q_{k,j}$      | promjenjivo djelovanje   |
| $\Psi_{2,i}$   | faktor za nazovistalnu kombinaciju   |
| $K_s$          | krutost vapnenca   |
| $K_{vb}$       | krutost opruge koja je na bazi pilota postavljena duž osi pilota             |
| $K_{sh}$       | krutost opruge koja je na plaštu pilota                                      |
| $\mu_{Eds}$    | bezdimenzijski koeficijent momenta savijanja                                 |
| $\zeta$        | krak unutarnjih sila   |
| $A_{s1}$       | potrebnu površinu armature   |
| $A_{s,min}$    | minimalna površina armature  |
| $\delta_{dop}$ | dopušteni pomaci   |

**Popis tablica**

*Tablica 1. Odnos istovremenog pojavljivanja različitih smjerova vjetra o različitim brzinama vjetra za mjerno razdoblje 1995.-2007*

*Tablica 2. Dugoročna prognoza brzine vjetra za Mali Lošinj*

*Tablica 3. Dugoročna prognoza satna brzina vjetra za uvalu Škverić*

*Tablica 4. Maksimalni udari (3s) vjetra tramontane (iz NW) i bure u Malom Lošnju*

*Tablica 5. Karakteristične morske razine*

*Tablica 6. Značajna visina vala*

*Tablica 7. Klase plovila*

*Tablica 8. Kategorizacija plovila za III. kategoriju plovila*

*Tablica 9. Kategorizacija plovila za IV. kategoriju plovila*

*Tablica 10. Vrijednosti brzine vjetra koji djeluje na plovila*

*Tablica 11. Djelovanje vjetra na IV. kategoriju vozila*

*Tablica 12. Djelovanje vjetra na III. kategoriju vozila*

*Tablica 13. Opterećenje od djelovanja valova na plovila*

*Tablica 14. Poprečno djelovanje vjetra na valobran*

*Tablica 15. Uzdužno djelovanje vjetra na valobran*

*Tablica 16. Sile na plovilu kat. III pri opterećenju okomitom na lukobran*

*Tablica 17. Sile na plovilu kat. IV pri opterećenju okomitom na lukobran*

*Tablica 18. Sile po  $m^1$  za III. kategoriju plovila za krmeno opterećenje*

*Tablica 19. Sile po  $m^1$  za IV. kategoriju plovila za krmeno opterećenje*

*Tablica 20. Sile po  $m^1$  za III. kategoriju plovila za bočno opterećenje*

*Tablica 21. Sile po  $m^1$  za IV. kategoriju plovila za bočno opterećenje*

*Tablica 22. Sile po  $m^1$  za III. kategoriju plovila za bočno opterećenje*

*Tablica 23. Sile po  $m^1$  za IV. kategoriju plovila za bočno opterećenje*

*Tablica 24. Vrijednosti geometrijskih podataka valobrana*

*Tablica 25. Vrijednosti parametara vala na predmetnoj lokaciji*

*Tablica 26. vrijednosti pritisaka koji djeluju na valobrani ekran*

*Tablica 27. Vrijednost momenta prevrtanja oko točke A*

*Tablica 28. Vrijednosti ulaznih podataka za metodu Sainflou*

*Tablica 29. Vrijednosti pritisaka valova na valobran prema metodi Sainflou*

*Tablica 30. Ovisnost temperature  $T_{max,50}$  o lokaciji i nadmorskoj visini*

*Tablica 31. Ovisnost temperature  $T_{min,50}$  o lokaciji i nadmorskoj visini*

*Tablica 32. Ovisnost koeficijenta  $k_h$  i srednjeg polumjera presjeka  $h_0$  [1]*

*Tablica 33. Deformacije uslijed skupljanja armiranobetonskog serklaža*

*Tablica 34. Deformacije uslijed skupljanja valobranog zida*

*Tablica 35. Tipovi temeljnog tla*

*Tablica 36. Vrijednosti parametara potrebnih za određivanja elastičnog tipa odziva tipa 1*

*Tablica 37. Odons perioda  $T$  i elastičnog spektra odziva  $S_d(T)$*

*Tablica 38. Opterećenja koja djeluju na valobrani element*

*Tablica 39. Kombinacije opterećenja za granično stanje nosivosti kod valobranog ekrana*

*Tablica 40. Kombinacije opterećenja za granično stanje uporabljivosti kod valobranog ekrana*

*Tablica 41. Rezultati za različite varijante valobrana*

*Tablica 42. Opterećenja koja djeluju na konstrukciju A*

*Tablica 43. Potrebna količina uzdužne aramtura u pilotima za dio konstrukcije A*

*Tablica 44. Odabrana uzdužna aramtura u pilotima za dio konstrukcije A*

*Tablica 45. Rezultati dinamičke analize za dio konstrukcije A*

*Tablica 46. Opterećenja koja djeluju na konstrukciju B*

*Tablica 47. Potrebna količina uzdužne aramtura u pilotima za dio konstrukcije B*

*Tablica 48. Rezultati dinamičke analize za dio konstrukcije B*

*Tablica 49. Opterećenja koja djeluju na konstrukciju C*

*Tablica 50. Rezultati dinamičke analize za dio konstrukcije C*



### **Popis slika**

- Slika 1. Položaj Uvale Velopin
- Slika 2. Satelitska snimka uvale Velopin
- Slika 3. Podjela Uvale Velopin
- Slika 4. Pogled na uvalu Velopin iz smjera NW
- Slika 5. Pogled na uvalu Velopin iz smjera SE
- Slika 6. Situacija postojećeg stanja uvale Velopin
- Slika 7. Izobate u uvali Velopin preuzete s karte Navionics
- Slika 8. Iscrtane izobate u AutoCad-u
- Slika 9. Tlocrt postojećeg stanja
- Slika 10. 3D prikaz postojećeg stanja morskog dna sa izobatama
- Slika 11. Tlocrt postojećeg stanja uvale Velopin u Lumionu
- Slika 12. Pogled iz smjera SE na postojeće stanje uvale Velopin
- Slika 13. Pogled iz smjera SE na postojeće stanje uvale Velopin
- Slika 14. Pogled iz smjera NW na postojeće stanje uvale Velopin
- Slika 15. Pogled iz smjera NW na postojeće stanje uvale Velopin
- Slika 16. Fotografija otoka Lošinja iz zraka
- Slika 17. Osnovna geološka karta za uvalu Velopin
- Slika 18. Presjek terena
- Slika 19. Temeljenje pilota
- Slika 20. Batimetrijska karta za uvalu Velopin
- Slika 21. Položaj pilota u odnosu na dubine morskog dna
- Slika 22. Mreža točaka morskoga dna
- Slika 23. Model terena morskog dna u Lumionu
- Slika 24. Ruža vjetrova za Mali Lošinj za razdoblje 1995.-2007.
- Slika 25. Ulaz morskih struja u malološinjskom zaljevu
- Slika 26. Točka 1 na kojoj je provedena studija

- Slika 27. Konstrukcija valobrana podijeljena na dijelove
- Slika 28. Dimenzije valobrana
- Slika 29. Tlocrtni položaj pilota
- Slika 30. Položaj naglavnica u konstrukciji
- Slika 31. Valobrani ekran u 3D-u
- Slika 32. Poprečni presjek valobranog ekrana
- Slika 33. Tlocrtni položaj valobranih ekrana
- Slika 34. Položaj valobranih ekrana
- Slika 35. Valobrani zidić u tlocrtu
- Slika 36. Poprečni presjek valobranog zidića
- Slika 37. Položaj dilatacijskih napravi
- Slika 38. Dimenzije predgotovljenih ab ploča
- Slika 39. Dimenzije mjesta plovila III. i IV. kategorije plovila
- Slika 40. privez plovila na valobran
- Slika 41. Dimenzije plovila
- Slika 42. Bočni pogled na privez plovila u lukobranu
- Slika 43. Pogled odozgo na privez plovila u lukobranu
- Slika 44. Uzdužno djelovanje vjetra na valobran
- Slika 45. Djelovanje vjetrova na valobran
- Slika 46. Djelovanje vjetra na plovilo
- Slika 47. Djelovanje valova na plovilo
- Slika 48. Sile u konopcu koje djeluju na bitvu
- Slika 49. Sile na plovilu pri opterećenju okomitom na lukobran
- Slika 50. Odnosi sila pri opterećenju okomitom na lukobran
- Slika 51. Sile na plovilu pri opterećenju uzduž lukobrana
- Slika 52. Odnosi sila pri opterećenju uzduž lukobrana
- Slika 53. Dimenzije valobranog ekrana

Slika 54. Geometrijski podatci valobrana

Slika 55. Pritisci koji djeluju na valobran

Slika 56. Određivanje sila koje djeluju na valobran

Slika 57. Geometrijski podatci valobrana za metodu Sainflou

Slika 58. Wiegelov dijagram

Slika 59. Promjene visina s vanjske i unutarnje strane valobrana

Slika 60. Pritisci valova na valobran prema metodi Sainflou

Slika 61. Dijagram pritisaka valova na vanjsku stranu valobranog zida

Slika 62. Karta Republike Hrvatske prema maksimalnim temperaturnim područjima

Slika 63. Karta Republike Hrvatske prema minimalnim temperaturnim područjima

Slika 64. Odnos temperature u hladu i temperature konstrukcije

Slika 65. Geometrijski podatci armiranobetonskog serklaža

Slika 66. Geometrijski podatci valobranog zida

Slika 67. Karta za povratno razdoblje od 475. godina

Slika 68. Elastični spektar odziva

Slika 69. Generiranje mase u SCIA-i uslijed opterećenja

Slika 70. Linearno elastične opruge

Slika 71. Vrste naglavnica u konstrukciji

Slika 72. Opterećenje na naglavnici od valobranog okvira

Slika 73. Opterećenje na naglavnici od ab serklaža

Slika 74. Površina gornje plohe valobranog ekrana

Slika 75. Oslanjanje naglavnice

Slika 76. Prostorni prikaz i dimenzije naglavne konstrukcije tipa

Slika 77. Stalno i promjenjivo opterećenje na naglavnu konstrukciju tipa a

Slika 78. Potrebna uzdužna i poprečna armatura za gornju zonu naglavnice tipa a

Slika 79. Potrebna uzdužna armatura za donju zonu naglavnice tipa a

Slika 80. Prostorni prikaz i dimenzije naglavne konstrukcije tipa b

- Slika 81. Stalno opterećenje na naglavnu konstrukciju tipa b
- Slika 82. Potrebna uzdužna i poprečna armatura za gornju zonu naglavnice tipa b
- Slika 83. Potrebna uzdužna i poprečna armatura za donju zonu naglavnice tipa b
- Slika 84. Prostorni prikaz i dimenzije naglavne konstrukcije tipa c
- Slika 85. Stalno opterećenje na naglavnu konstrukciju tipa c
- Slika 86. Potrebna uzdužna i poprečna armatura za gornju zonu naglavnice tipa c
- Slika 87. Potrebna poprečna armatura za donju zonu naglavnice tipa c
- Slika 88. Prostorni prikaz i dimenzije naglavne konstrukcije tipa d
- Slika 89. Stalno i promjenjivo opterećenje na naglavnu konstrukciju tipa d
- Slika 90. Dimenzije rebra valobranog ekrana
- Slika 91. Način oslanjanja valobranog ekrana
- Slika 92. Položaj i dimenzije valobranog zidića
- Slika 93. Opterećenje od valobranog zidića
- Slika 94. Djelovanje uzgona na konstrukciju
- Slika 95. Opterećenje uslijed djelovanja uzgona
- Slika 96. Opterećenje uslijed izvođenja valobranog zidića
- Slika 97. Opterećenje uslijed djelovanja valova s vanjske strane
- Slika 98. Opterećenje uslijed djelovanja valova s unutrašnje strane
- Slika 99. Dimenzije valobranog ekrana bez rebara
- Slika 100. Maksimalna naprezanja  $\sigma_x$  za varijantu 1
- Slika 101. Maksimalna naprezanja  $\sigma_y$  za varijantu 1
- Slika 102. Maksimalna naprezanja  $\tau_{xy}$  za varijantu 1
- Slika 103. Maksimalne deformacije za varijantu 1
- Slika 104. Potrebna uzdužna armatura za gornju zonu za varijantu 1
- Slika 105. Potrebna poprečna armatura za gornju zonu za varijantu 1
- Slika 106. Potrebna uzdužna armatura za donju zonu za varijantu 1
- Slika 107. Potrebna poprečna armatura za donju zonu za varijantu 1

Slika 108. Dimenzije valobranog ekrana bez rebara

Slika 109. Maksimalna naprezanja  $\sigma_x$  za varijantu 2

Slika 110. Maksimalna naprezanja  $\sigma_y$  za varijantu 2

Slika 111. Maksimalna naprezanja  $\tau_{xy}$  za varijantu 2

Slika 112. Maksimalne deformacije za varijantu 2

Slika 113. Potrebna uzdužna armatura za gornju zonu za varijantu 2

Slika 114. Potrebna poprečna armatura za gornju zonu za varijantu 2

Slika 115. Potrebna uzdužna armatura za donju zonu za varijantu 2

Slika 116. Potrebna poprečna armatura za donju zonu za varijantu 2

Slika 117. Dimenzije valobranog ekrana za varijantu 3 (*Izrađeno u Allplan-u*)

Slika 118. Maksimalna naprezanja  $\sigma_x$  za varijantu 3

Slika 119. Maksimalna naprezanja  $\sigma_y$  za varijantu 3

Slika 120. Maksimalna naprezanja  $\tau_{xy}$  za varijantu 3

Slika 121. Maksimalne deformacije za varijantu 3

Slika 122. Potrebna uzdužna armatura za gornju zonu za varijantu 3

Slika 123. Potrebna poprečna armatura za gornju zonu za varijantu 3

Slika 124. Potrebna uzdužna armatura za donju zonu za varijantu 3

Slika 125. Potrebna poprečna armatura za donju zonu za varijantu 3

Slika 126. raspodjela valobranih ekrana

Slika 127. 3D prikaz valobranog ekrana tipa 1

Slika 128. Dimenzije valobranog ekrana tipa 1

Slika 129. Stalno i korisno opterećenje na valobran tipa 1

Slika 130. Opterećenje uslijed vanjskih i unutrašnjih valova na valobran tipa 1

Slika 131. Potrebna uzdužna armatura za gornju zonu valobranog ekrana tipa 1

Slika 132. Potrebna poprečna armatura za gornju zonu valobranog ekrana tipa 1

Slika 133. Potrebna uzdužna armatura za donju zonu valobranog ekrana tipa 1

Slika 134. Potrebna poprečna armatura za donju zonu valobranog ekrana tipa 1

- Slika 135. 3D prikaz valobranog ekrana tipa 2
- Slika 136. Dimenzija valobranog ekrana tipa 2
- Slika 137. Stalno i korisno opterećenje na valobran tipa 2
- Slika 138. Opterećenje uslijed vanjskih valova na valobran tipa 2
- Slika 139. Potrebna uzdužna armatura za gornju zonu valobranog ekrana tipa 2
- Slika 140. Potrebna poprečna armatura za gornju zonu valobranog ekrana tipa 2
- Slika 141. Potrebna uzdužna armatura za donju zonu valobranog ekrana tipa 2
- Slika 142. Potrebna poprečna armatura za donju zonu valobranog ekrana tipa 2
- Slika 143. 3D prikaz valobranog ekrana tipa 4
- Slika 144. Dimenzije valobranog ekrana tipa 4
- Slika 145. Stalno i korisno opterećenje na valobran tipa 4
- Slika 146. Opterećenje uslijed vanjskih i unutrašnjih valova na valobran tipa 4
- Slika 147. Potrebna uzdužna armatura za gornju zonu valobranog ekrana tipa 4
- Slika 148. Potrebna poprečna armatura za gornju zonu valobranog ekrana tipa 4
- Slika 149. Potrebna uzdužna armatura za donju zonu valobranog ekrana tipa 4
- Slika 150. Potrebna poprečna armatura za donju zonu valobranog ekrana tipa 4
- Slika 151. 3D prikaz valobranog ekrana tipa 5
- Slika 152. Dimenzije valobranog ekrana tipa 5
- Slika 153. Stalno i korisno opterećenje na valobran tipa 5
- Slika 154. Opterećenje uslijed djelovanja valova na valobran tipa 5
- Slika 155. Potrebna uzdužna armatura za gornju zonu valobranog ekrana tipa 5
- Slika 156. Potrebna poprečna armatura za gornju zonu valobranog ekrana tipa 5
- Slika 157. Potrebna uzdužna armatura za donju zonu valobranog ekrana tipa 5
- Slika 158. Potrebna poprečna armatura za donju zonu valobranog ekrana tipa 5
- Slika 159. Prostorni prikaz i dimenzije armiranobetonske ploče
- Slika 160. Promjenjivo opterećenje na armiranobetonsku ploču

Slika 161. Potrebna uzdužna i poprečna armatura za gornju zonu armiranobetonske ploče

Slika 162. Djelovanje opterećenja na valobrani zidić

Slika 163. Prijedlog armiranja valobranog zidića

Slika 164. Prostorni model za dio konstrukcije A

Slika 165. Opterećenje uslijed djelovanja uzgona na dio konstrukcije A

Slika 166. Korisno opterećenje LC3 koje djeluje na dio konstrukcije A

Slika 167. Korisno opterećenje LC4 koje djeluje na dio konstrukcije A

Slika 168. Korisno opterećenje LC5 koje djeluje na dio konstrukcije A

Slika 169. Korisno opterećenje LC6 koje djeluje na dio konstrukcije A

Slika 170. Korisno opterećenje LC7 koje djeluje na dio konstrukcije A

Slika 171. Korisno opterećenje LC8 koje djeluje na dio konstrukcije A

Slika 172. Korisno opterećenje LC9 koje djeluje na dio konstrukcije A

Slika 173. Pozitivne temperaturne razlike koje djeluju na dio konstrukcije A

Slika 174. Negativne temperaturne razlike koje djeluju na dio konstrukcije A

Slika 175. Djelovanja vjetra uzduž plovila za dio konstrukcije A

Slika 176. Djelovanja vjetra poprečno na plovila za dio konstrukcije A

Slika 177. Djelovanje vanjskih valova na dio konstrukcije A

Slika 178. Djelovanje unutrašnjih valova na dio konstrukcije A

Slika 179. Numeracija pilota za dio konstrukcije A

Slika 180. Uzdužna sila  $N$  na pilotima za dio konstrukcije A

Slika 181. Poprečna sila  $V_y$  na pilotima za dio konstrukcije A

Slika 182. Poprečna sila  $V_z$  na pilotima za dio konstrukcije A

Slika 183. Moment savijanja  $M_y$  na pilotima za dio konstrukcije A

Slika 184. Moment savijanja  $M_z$  na pilotima za dio konstrukcije A

Slika 185. Uzdužne sile  $n_x$  za dio konstrukcije A

Slika 186. Uzdužne sile  $n_y$  za dio konstrukcije A

Slika 187. Poprečne sile  $v_x$  za dio konstrukcije A

Slika 188. Poprečne sile  $v_y$  za dio konstrukcije A

Slika 189. Moment savijanja  $m_x$  za dio konstrukcije A

Slika 190. Moment savijanja  $m_y$  za dio konstrukcije A

Slika 191. Potrebna uzdužna armatura za gornju zonu dijela konstrukcije A

Slika 192. Potrebna poprečna armatura za gornju zonu dijela konstrukcije A

Slika 193. Potrebna uzdužna armatura za donju zonu dijela konstrukcije A

Slika 194. Potrebna poprečna armatura za donju zonu dijela konstrukcije A

Slika 195. Prostorni model za dio konstrukcije B

Slika 196. Opterećenje uslijed djelovanja uzgona na dio konstrukcije B

Slika 197. Korisno opterećenje LC3 koje djeluje na dio konstrukcije B

Slika 198. Korisno opterećenje LC4 koje djeluje na dio konstrukcije B

Slika 199. Korisno opterećenje LC5 koje djeluje na dio konstrukcije B

Slika 200. Korisno opterećenje LC6 koje djeluje na dio konstrukcije B

Slika 201. Korisno opterećenje LC7 koje djeluje na dio konstrukcije B

Slika 202. Korisno opterećenje LC8 koje djeluje na dio konstrukcije B

Slika 203. Korisno opterećenje LC9 koje djeluje na dio konstrukcije B

Slika 204. Korisno opterećenje LC10 koje djeluje na dio konstrukcije B

Slika 205. Pozitivne temperaturne razlike koje djeluju na dio konstrukcije B

Slika 206. Negativne temperaturne razlike koje djeluju na dio konstrukcije B

Slika 207. Djelovanja vjetra poprečno na plovila za dio konstrukcije B

Slika 208. Djelovanja vjetra uzdužno na plovila za dio konstrukcije B

Slika 209. Djelovanje vanjskih valova na dio konstrukcije B

Slika 210. Djelovanje unutrašnjih valova na dio konstrukcije B

Slika 211. Numeracija pilota za dio konstrukcije B

Slika 212. Uzdužna sila  $N$  na pilotima za dio konstrukcije B

Slika 213. Poprečna sila  $V_y$  na pilotima za dio konstrukcije B



- Slika 214. Poprečna sila  $V_z$  na pilotima za dio konstrukcije B
- Slika 215. Moment savijanja  $M_y$  na pilotima za dio konstrukcije B
- Slika 216. Moment savijanja  $M_z$  na pilotima za dio konstrukcije B
- Slika 217. Uzdužne sile  $n_x$  za dio konstrukcije A
- Slika 218. Uzdužne sile  $n_y$  za dio konstrukcije B
- Slika 219. Poprečne sile  $v_x$  za dio konstrukcije B
- Slika 220. Poprečne sile  $v_y$  za dio konstrukcije B
- Slika 221. Moment savijanja  $m_x$  za dio konstrukcije B
- Slika 222. Moment savijanja  $m_y$  za dio konstrukcije B
- Slika 223. Potrebna uzdužna armatura za gornju zonu dijela konstrukcije B
- Slika 224. Potrebna poprečna armatura za gornju zonu dijela konstrukcije B
- Slika 225. Potrebna uzdužna armatura za donju zonu dijela konstrukcije B
- Slika 226. Potrebna poprečna armatura za donju zonu dijela konstrukcije B
- Slika 227. Prostorni model za dio konstrukcije C
- Slika 228. Korisno opterećenje LC3 koje djeluje na dio konstrukcije C
- Slika 229. Korisno opterećenje LC4 koje djeluje na dio konstrukcije C
- Slika 230. Korisno opterećenje LC5 koje djeluje na dio konstrukcije C
- Slika 231. Korisno opterećenje LC6 koje djeluje na dio konstrukcije C
- Slika 232. Korisno opterećenje LC7 koje djeluje na dio konstrukcije C
- Slika 233. Pozitivne temperaturne razlike koje djeluju na dio konstrukcije C
- Slika 234. Negativne temperaturne razlike koje djeluju na dio konstrukcije C
- Slika 235. Numeracija pilota za dio konstrukcije C
- Slika 236. Uzdužna sila  $N$  na pilotima za dio konstrukcije C
- Slika 237. Poprečna sila  $V_y$  na pilotima za dio konstrukcije C
- Slika 238. Moment savijanja  $M_z$  na pilotima za dio konstrukcije C
- Slika 239. Uzdužne sile  $n_x$  za dio konstrukcije C
- Slika 240. Uzdužne sile  $n_y$  za dio konstrukcije C

Slika 241. Poprečne sile  $v_x$  za dio konstrukcije C

Slika 242. Poprečne sile  $v_y$  za dio konstrukcije C

Slika 243. Moment savijanja  $m_x$  za dio konstrukcije C

Slika 244. Moment savijanja  $m_y$  za dio konstrukcije C

Slika 245. Potrebna uzdužna armatura za gornju zonu dijela konstrukcije C

Slika 246. Potrebna poprečna armatura za gornju zonu dijela konstrukcije C

Slika 247. Potrebna uzdužna armatura za donju zonu dijela konstrukcije C

Slika 248. Potrebna poprečna armatura za donju zonu dijela konstrukcije C

Slika 249. Vizualizacija modela – bočni pogled iz smjera N

Slika 250. Vizualizacija modela – pogled odozgo

Slika 251. Vizualizacija modela – bočni pogled iz smjera S

Slika 252. Vizualizacija modela s plovilima – pogled odozgo

Slika 253. Vizualizacija modela s plovilima – pogled odozgo iz smjera NE

Slika 254. Vizualizacija modela s plovilima – pogled odozgo iz smjera NW

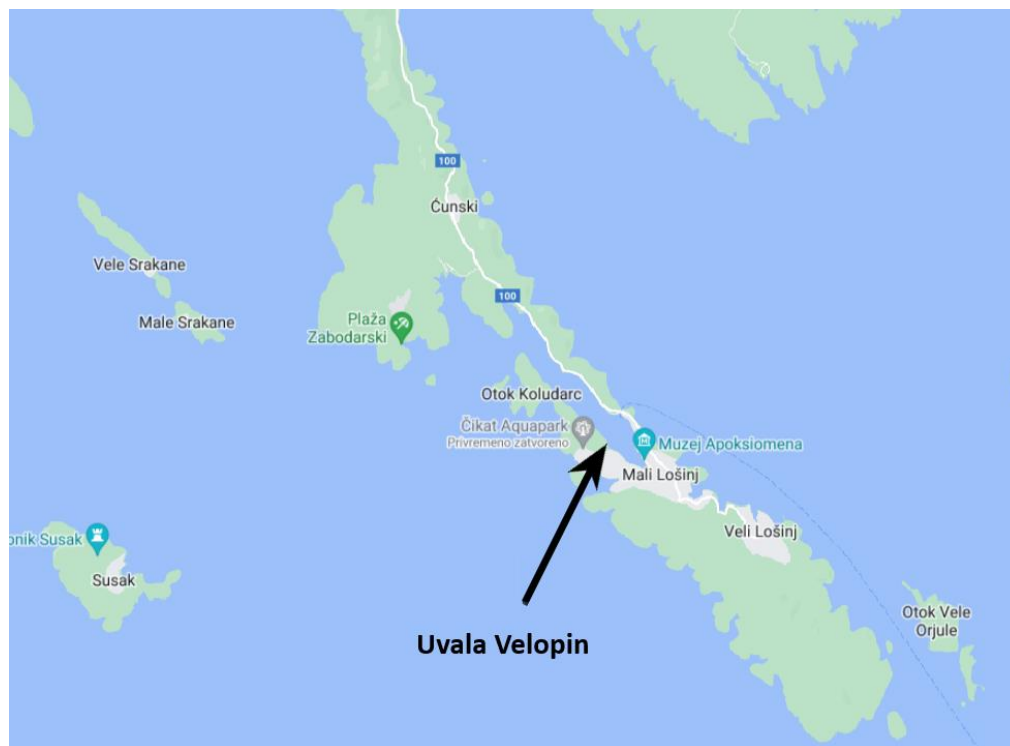
Slika 255. Vizualizacija modela s plovilima – bočni pogled iz smjera SE

## 1. UVOD

U uvali Velopin koja se nalazi na Malom Lošinju postoji potreba za izvedbom privezišta za plovila. Privezište je dio obale koji je opremljen priveznim sustavom i koji služi za pristajanje plovila. Ovim radom će se preko GraDiS projekta uz pomoć tvrtke Seacon korištenjem BIM softvera pokušati dati prijedlog lukobrana koji će služiti kao privez plovila. Lukobran je infrastruktura koja pruža zaštitu od izravnog djelovanja mora. Glavni zadatak ovakvih konstrukcija je smanjiti djelovanje valova. U projektiranju lučkih područja lukobrani su jedna od najkarakterističnijih konstrukcija. Postoje različite vrste lukobrana ovisno o njihovom obliku, vrstama elemenata i načinu na koji štite plovila od valova. Lukobrani mogu biti nasuti, vertikalni, kombinirani, potopljeni, plutajući i lukobrani koji se izvode na pilotima. Najčešće se izvode nasuti lukobrani koji su trapeznog oblika i izgrađeni su od nasutog materijala. Vertikalni lukobrani izvode se kao betonski zidovi na morskome dnu. Uslijed potrebe veće zaštite luke od djelovanja valova izvode se lukobrani koji su kombinacija nasutih i vertikalnih lukobrana. Kada je primarni zahtjev zaštita područja od djelovanja nanosa izvode se potopljeni lukobrani. Moguća je izvedba i plutajućih lukobrana koji moraju biti usidreni priveznim lancima za betonske blokove koji se nalaze na morskome dnu. Konstrukcija lukobrana za koju se planira dati idejno rješenje pripada lukobranu na pilotima. Lukobran je zamišljen da se sastoji od više segmenata koji će se međusobno spajati i biti će biti oslonjen na bušene pilote na kojima će se izvoditi naglavnice. Na naglavnice se postvaljaju predgotovljeni valobrani ekrani na koje će biti privezana plovila. Buduće privezište imati će kapacitet za 58 manjih plovila III. i IV. kategorije. Za projektiranje ovakvog tipa valobrana bitno je proučiti zadanu mikrolokaciju o kojoj ovise uvjeti temeljenja i opterećenja koja djeluju na konstrukciju.

## 2. POLOŽAJ I POSTOJEĆE STANJE UVALE VELOPIN

Uvala Velopin nalazi se unutar Luke Mali Lošinj. Luka Mali Lošinj je luka otvorena za javni promet od županijskog značaja i ona se sastoji se od bazena Poljana-Runjica i bazena Velopin. Unutar Luke Mali Lošinj kojoj pripada cijeli malološinjski zaljev nalazi se još 12 lokacija koje se koriste kao luke. Položaj uvale Velopin prikazan je na Slici 1., dok je na Slici 2. prikazana uvala Velopin sa satelitske snimke.

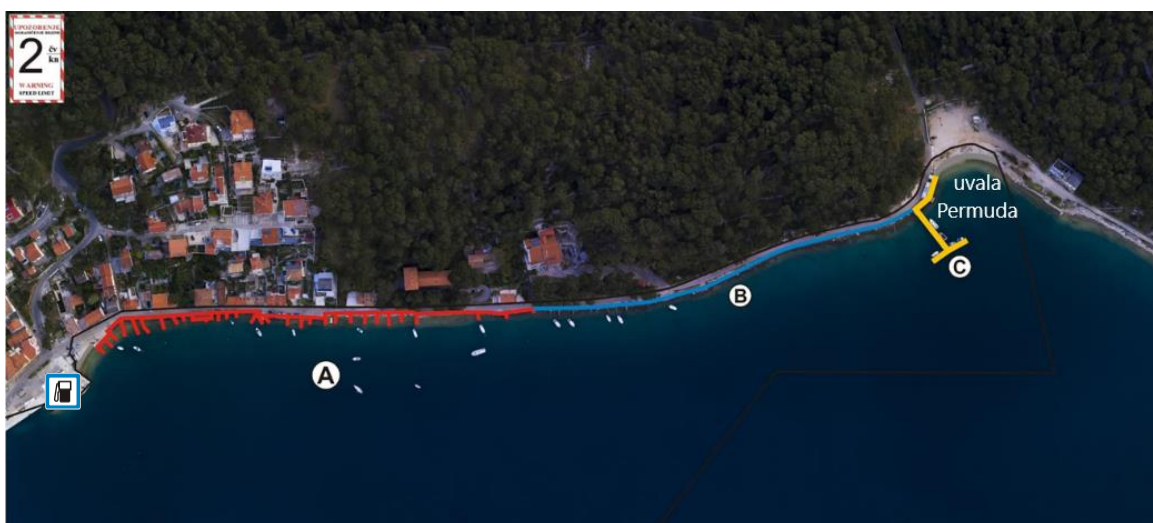


Slika 1. Položaj Uvale Velopin [1]



Slika 2. Satelitska snimka uvale Velopin [1]

Na fotografiji na Slici 3. možemo vidjeti da se uvala Velopin proteže od benzinske postaje „INA“ do uvale Permuda. Na Području „A“ na fotografiji na Slici 2. nalaze se komunalni vezovi. Područje „B“ služi kao privezište nautičkih plovila, a na području „C“ nalazi se operativna obala.



Slika 3. Podjela Uvale Velopin [2]

Fotografije na Slikama 4. i 5. snimljene iz dva različita pogleda, te prikazuju postojeće stanje uvale Velopin.



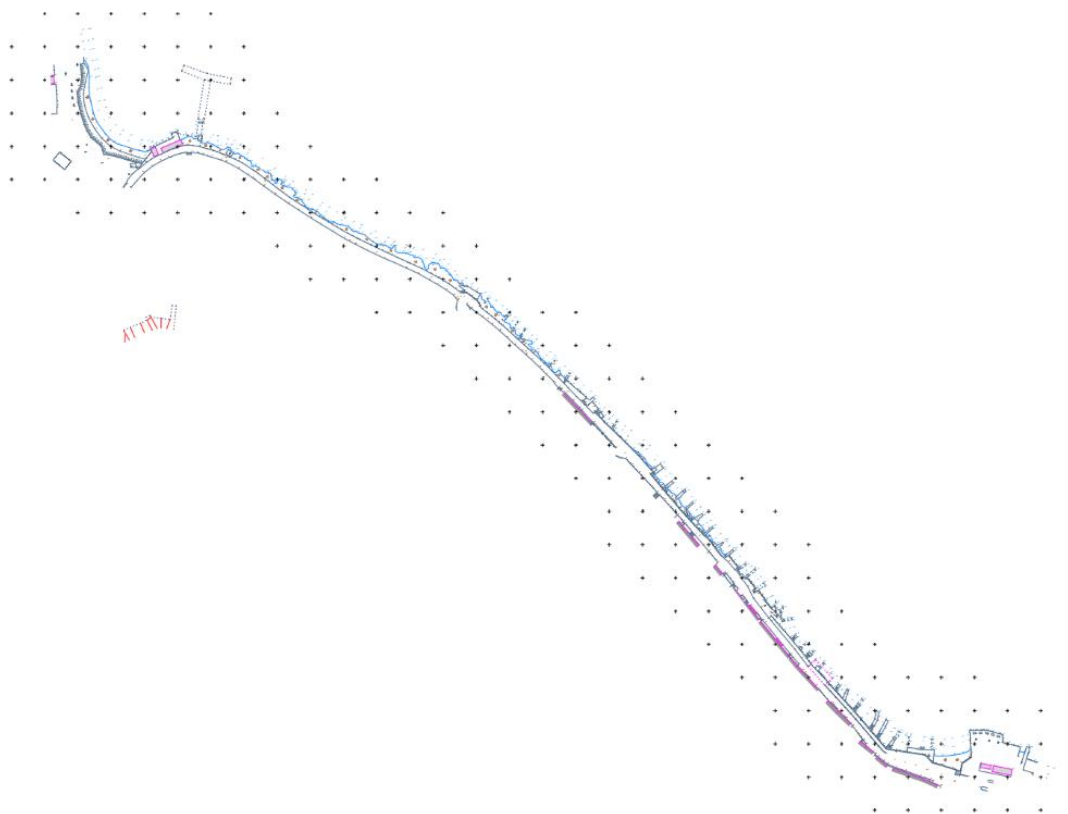
Slika 4. Pogled na uvalu Velopin iz smjera NW [2]



Slika 5. Pogled na uvalu Velopin iz smjera SE [2]

## 2.1. Izrada modela postojećeg stanja u programima Allplan i Lumion

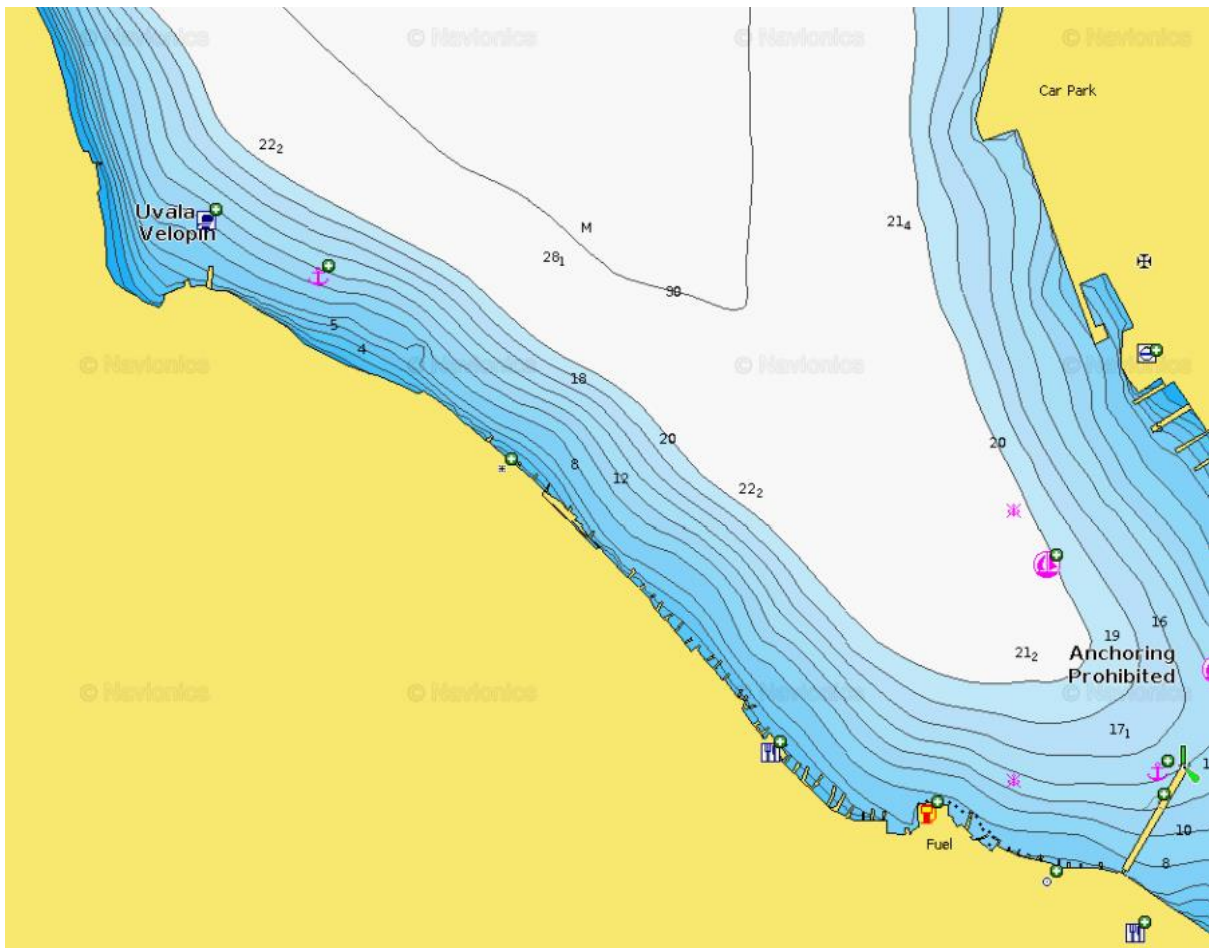
Kako bismo se bolje približili problemu kojeg je potrebno riješiti napravljena je vizualizacija terena. Položaj morskog dna je od iznimne važnosti jer nam o njemu ovisi dimenzioniranje i temeljenje konstrukcije valobrana. Potrebno je imati točne podatke izmjere terena koji se nalaze na situaciji (Slika 6.). Tlocrt postojećeg stanja morskog dna kojeg je izradio inženjer geodezije dobiven je u DWG format. Kako bismo napravili prostorni prikaz postojećeg stanja uvale Velopin potrebno je situaciju postojećeg stanja prebaciti u Allplan, koja će nam služiti kao podloga pri izradi prostornih modela.



Slika 6. Situacija postojećeg stanja uvale Velopin



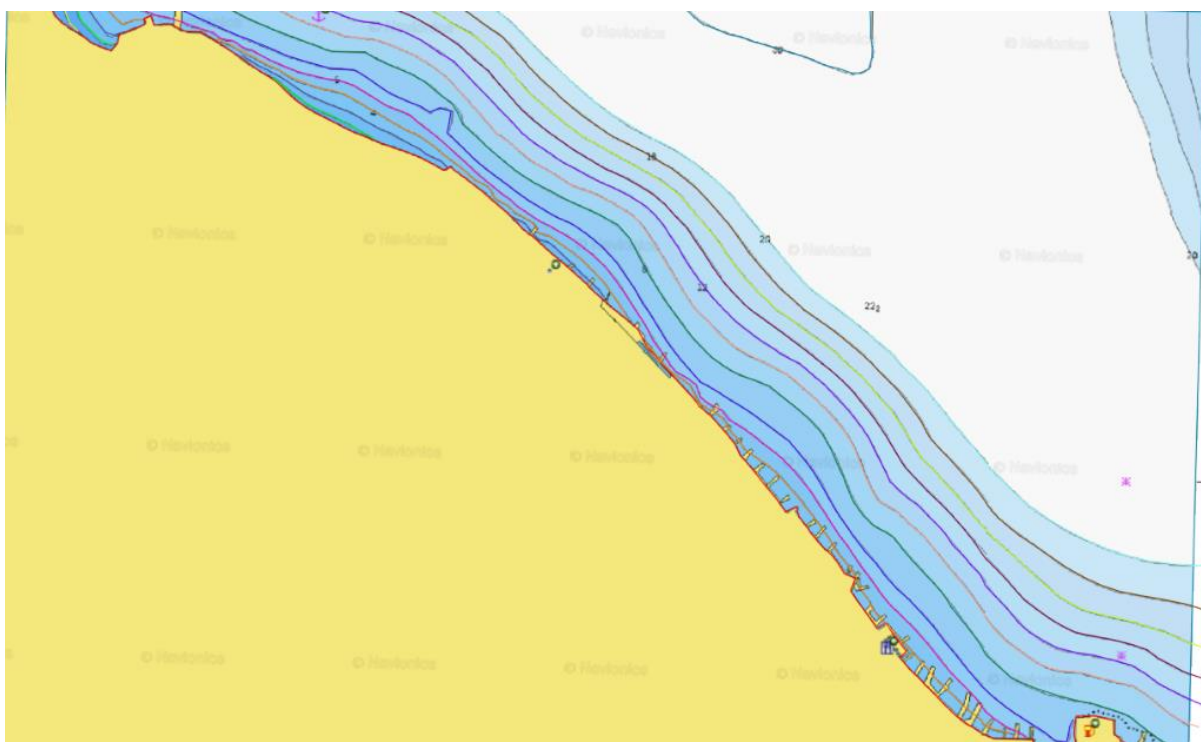
Na dobivenoj situaciji nedostaju izobate koje su nam potrebne za dimenziniranje lukobrana, jer je planirani položaj lukobrana izvan izmjerеноg područja (dublje). Pri određivanju postojećeg stanja pomoći će nam stranica Navionics na kojoj možemo pronaći izobate za cijelu Jadransku obalu, pa tako i za Mali Lošinj. Kada odaberemo Charter View na stranici Navionics možemo pronaći uvalu Velopin (Slika 7).



Slika 7. Izobate u uvali Velopin preuzete s karte Navionics [3]

Pomoću alata za izrezivanje dio karte sa stranice Navionics možemo izrezati i kao sliku prebaciti u AutoCad, pomoću naredbe Insert Image.

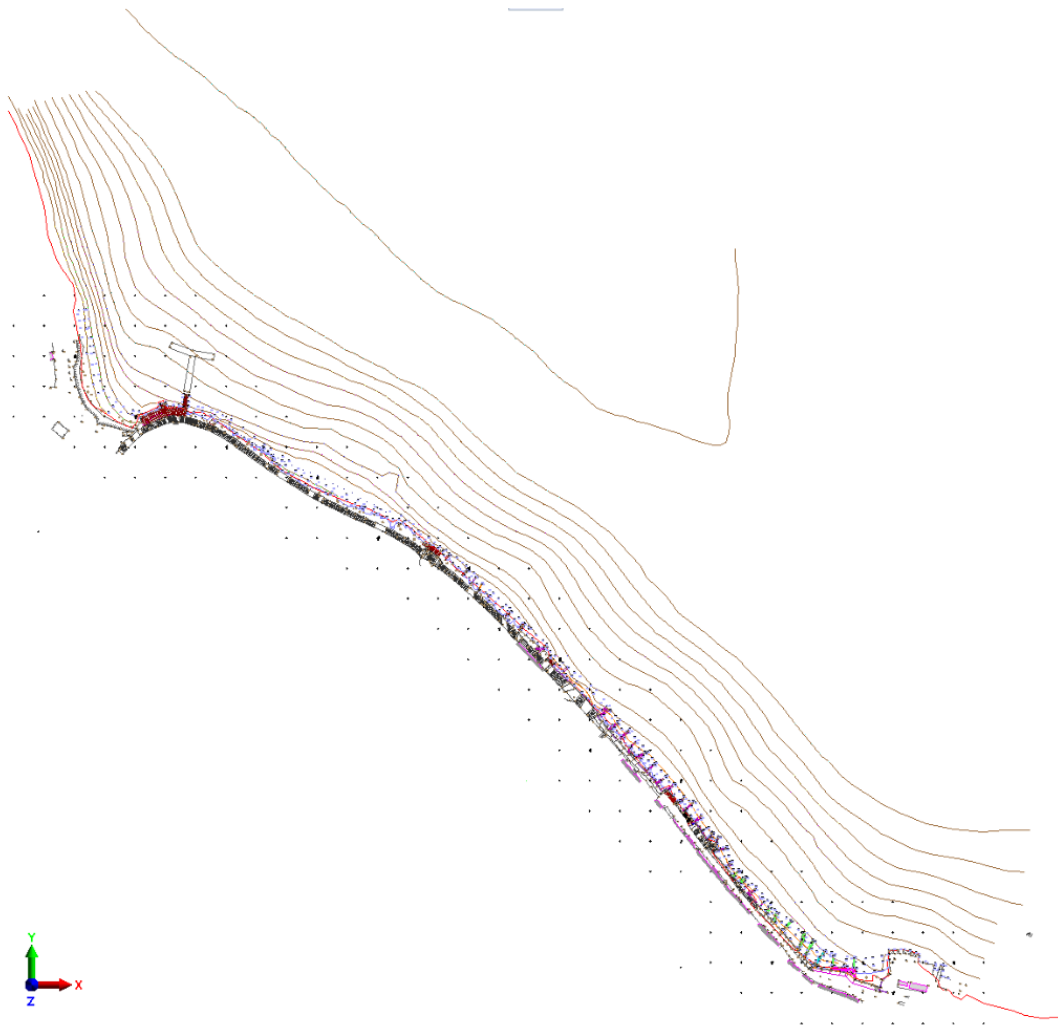
Sliku karte koja prikazuje uvalu Velopin potrebno je u Autocadu postaviti u odgovarajuće mjerilo, kako bismo mogli izobate iscrtati ručno pomoću naredbe polyline ili lakšim načinom uz pomoć Autodeskovog Raster Design alata, koji radi unutar Autocada i prepoznaje polinije na rasterskoj slici, te ih pretvara u vektorske polilinije. (Slika 8).



Slika 8. Iscrtane izobate (Izrađeno u AutoCad-u)

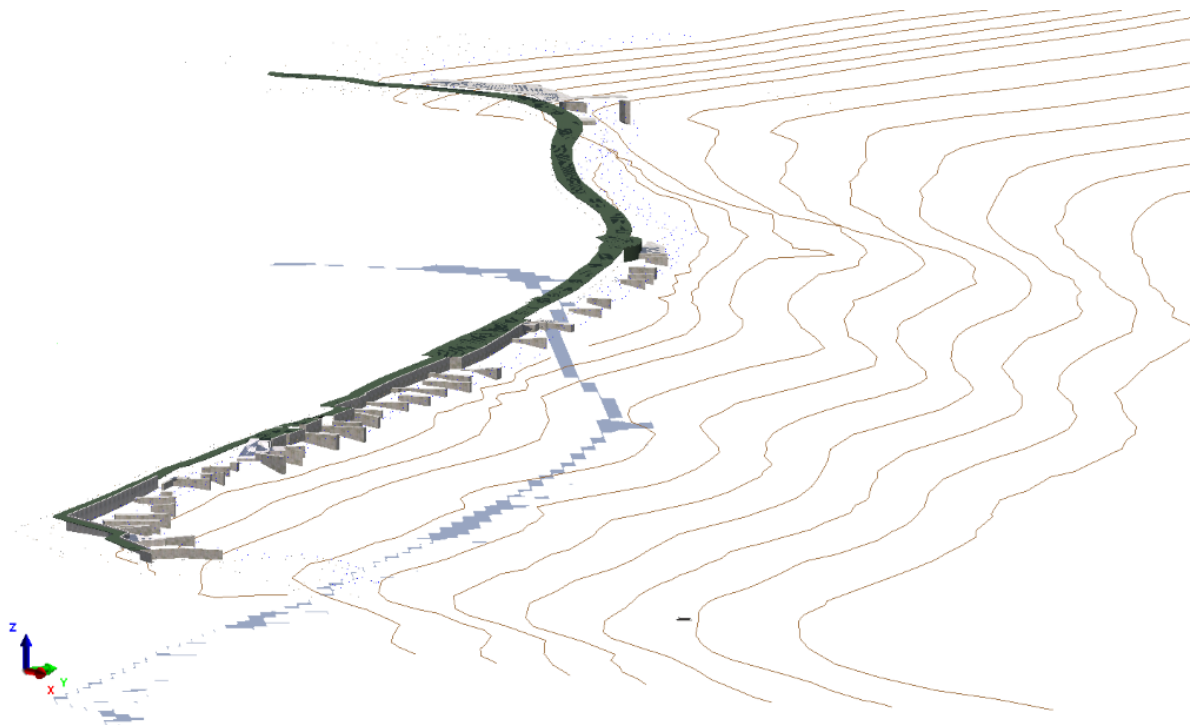
Tlocrt postojećeg stanja koji se nalazi u AutoCad-u možemo importirati u Allplan. Pomoću dimenzija elemenata koje su vidljive na tlocrtu možemo u Allplanu modelirati kako izgleda uvala Velopin u sadašnjem stanju.

Izobate u AutoCadu prikazane su kao polilinije, te ih kao takve importiramo u Allplan. Polilinije su u AutoCadu prikazane kao 2D elementi te se u Allplanu mogu vidjeti samo u tlocrtu, a ne u perspektivi (Slika 9).



Slika 9. Tlocrt postojećeg stanja (Izrađeno u Allplan-u)

Kako bi polilinije bile vidljive i u 3D prikazu potrebno ih je pomoću naredbe prebaciti u 3D polilinije. Takve linije sada možemo pomicati po visini tj. u "Z" smjeru. Pomicanjem svake izobate na njenu predviđenu dubinu konstruiramo morsko dno (Slika 10.). Dobivene izobate biti će od izuzetne važnosti kod određivanja visine pilota na koji će nositi konstrukciju valobrana.



Slika 10. 3D prikaz postojećeg stanja morskog dna sa izobatama (*Izrađeno u Allplan-u*)

Bitno je napomenuti da teren morskoga dna dobiven pomoću stranice Navionics ima odstupanja od stvarnog stanja, te nam u početnim fazama projektiranja služi samo kao orijentacija za pozicioniranje valobrane konstrukcije.

Kako bi se bolje predočilo postojeće stanje uvale Velopin model se iz Allplana izvozi u Lumion. Primarna svrha izrade modela uvale Velopin u Lumionu je vizualizacija koju možemo vidjeti na Slikama 11.-15.



Slika 11. Tlocrt postojećeg stanja uvale Velopin (Izrađeno u Lumion-u)



Slika 12. Pogled iz smjera SE na postojeće stanje uvale Velopin (Izrađeno u Lumion-u)



Slika 13. Pogled iz smjera SE na postojeće stanje uvale Velopin (Izrađeno u Lumion-u)



Slika 14. Pogled iz smjera NW na postojeće stanje uvale Velopin (Izrađeno u Lumion-u)



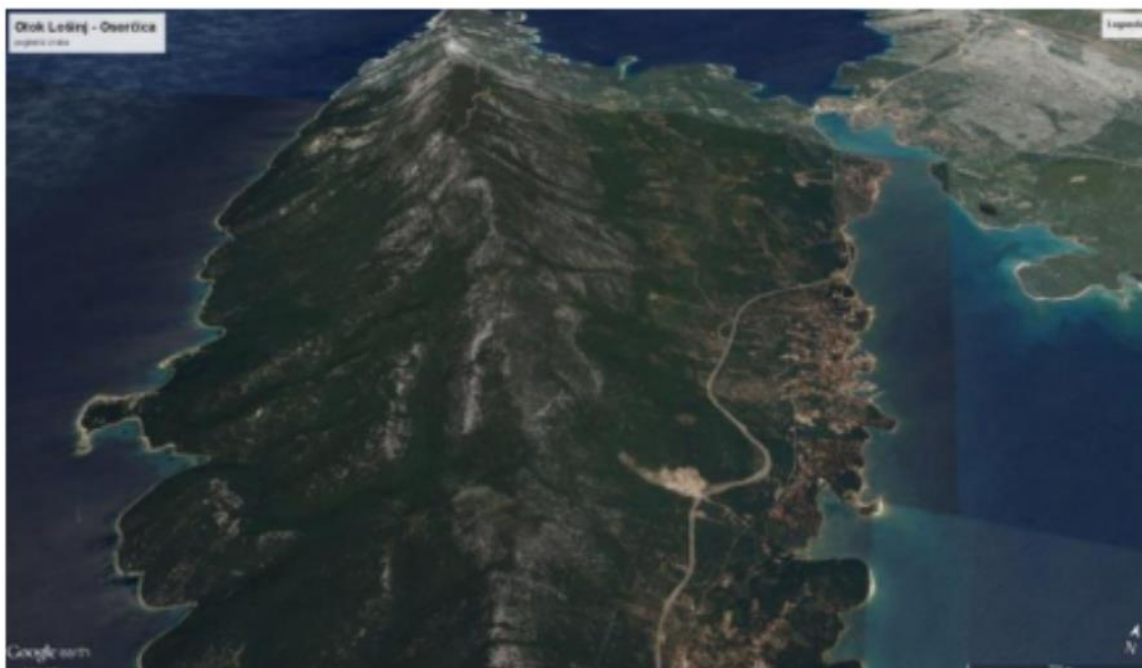
Slika 15. Pogled iz smjera NW na postojeće stanje uvale Velopin (Izrađeno u Lumion-u)

### 3. VJETROVALNA KLIMA I UVIJETI MORSKOGA DNA

Kako bismo mogli valjano dimenzionirati konstrukciju valobrana u uvali Velopin potrebno je imati podatke o vjetrovalnoj klimi i uvjetima u morskome tlu. U ovome radu će se za ulazne podatke kod određivanja analize opterećenja koristiti „Integralna studija osnovnog prostornog rješenja Malološinjskog zaljeva" i „Dinamika mora Malološinjskog zaljeva“ koju je izradila firma Hydroexpert iz Zagreba [4].

#### 3.1. Geotehničke značajke uvale Velopin

Tektonska struktura otoka Lošinja ima dinarski smjer pružanja SZ – JI. Na fotografiji na Slici 16. možemo vidjeti bore i rasjede na otoku Lošinju.

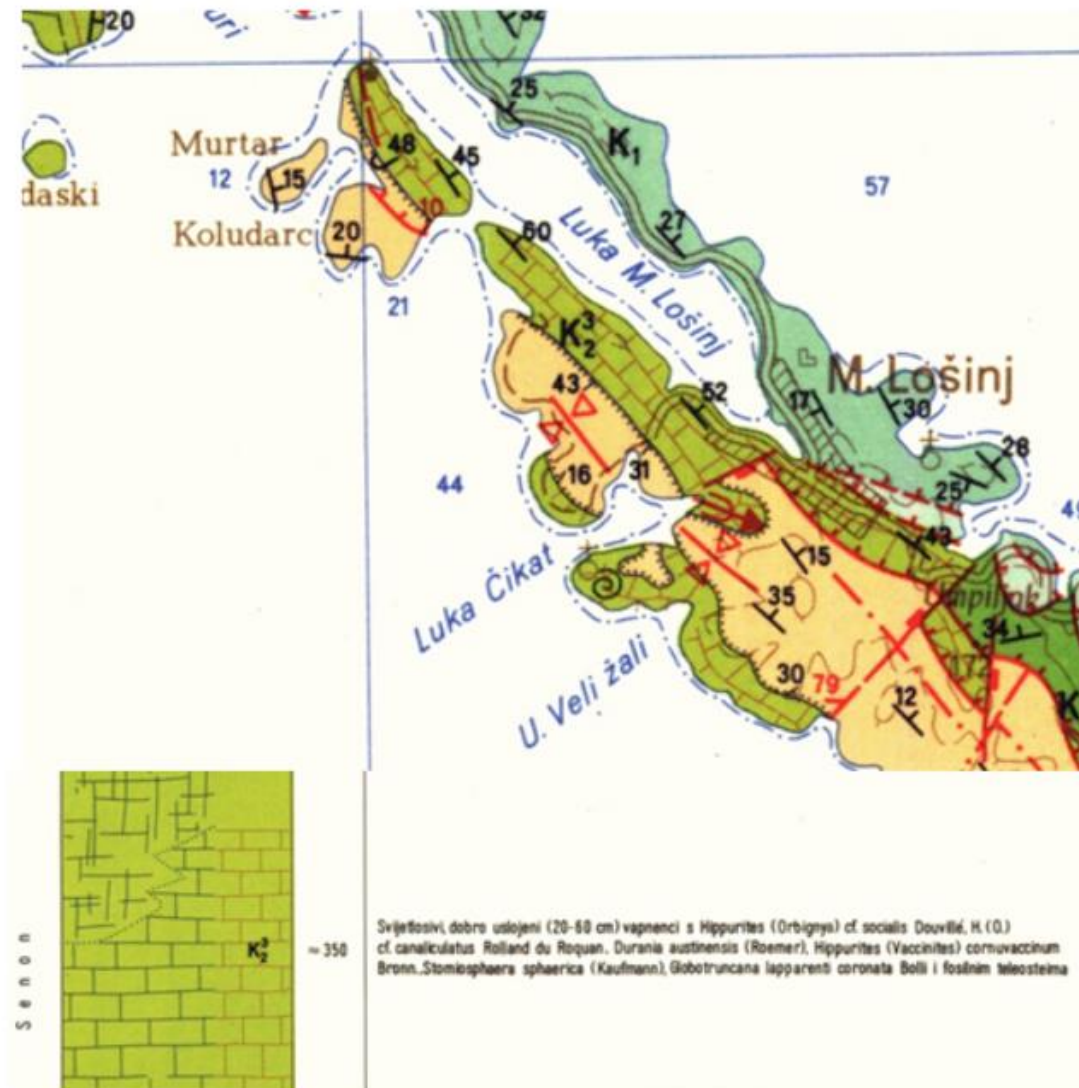


Slika 16. Fotografija otoka Lošinja iz zraka [1]

Na Otoku Lošinju su u velikoj većini zastupljene karbonatne naslage tj. vapnenac i dolomit. Vapnenac i dolomit prema načinu postanka pripadaju sedimentnim stijenama čija se



starost procjenjuje na 140-40 milijuna godina. Također, otok Lošinj se u manjoj količini sastoji od klastičnih naslaga. Klastične naslage koje možemo naći na Lošinju su lapor i laporovite naslage koje su stare 40-30 milijuna godina te pijesak, pjeskoviti les i karbonatni krš koji je nastao u posljednjih 2,6 milijuna godina. Područje uvale Velopin prekriveno je svijetlosivim, dobro uslojenim (20-60 cm) vapnencima iz doba gornje krede (Slika 17.).

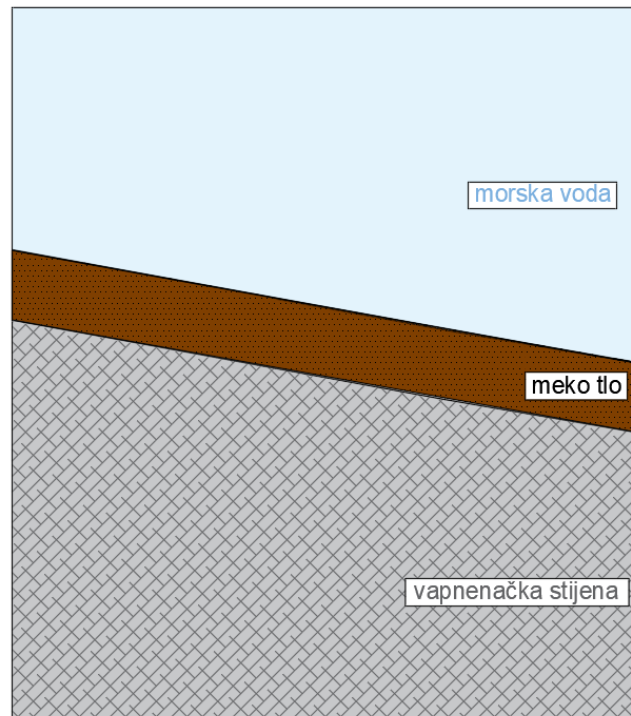


Slika 17. Osnovna geološka karta za uvalu Velopin [5]

Na području uvale Velopin možemo pronaći marinski sediment koji se razlikuje ovisno o dijelu akvatorija. Grubi i ljuštursti pijesak možemo naći u plićim dijelovima akvatorija, dok u dubljim dijelovima prevladava prašinski pijesak. Do razine dna do -10 m ukupna debljina prekivača ne prelazi 1 m.

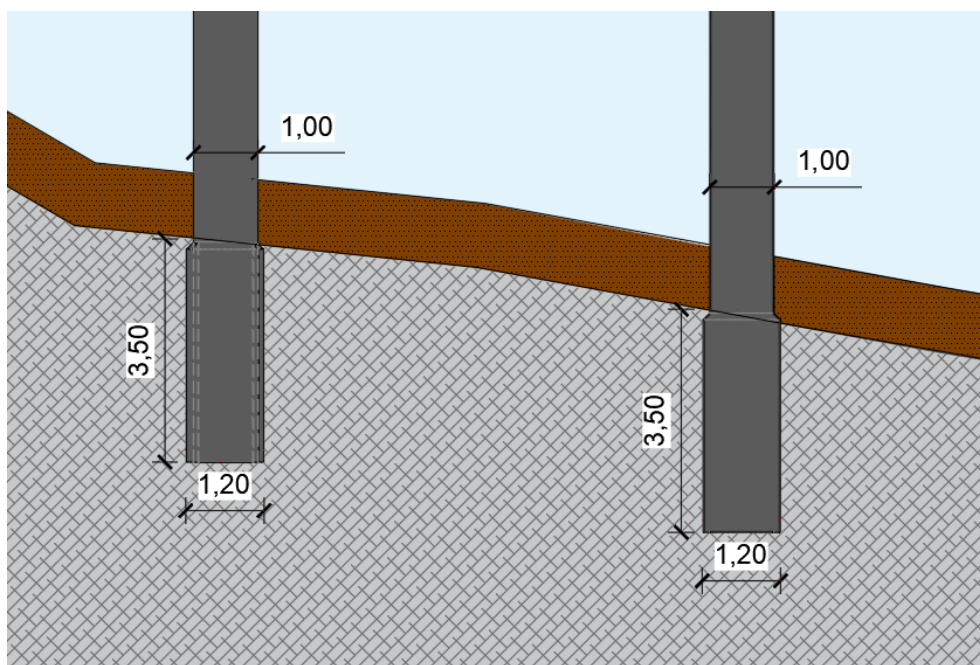
### 3.1.1. Temeljenje

Kod određivanja načina temeljenja konstrukcije potrebno je odrediti na kojoj se razini nalazi nosivo tlo, što je u ovom slučaju vapnenačka stijena. U stupcu profila tla prvih metar dubine nalaze se naslage mekog tla (pijesak i mulj) koje nisu nosive i zanemarujemo ih pri proračunu. Ispod naslaga tla nalazi se okršena vapnenačka stijena, čija čvrstoća raste s porastom dubine. Na Slici 18. prikazan je presjek terena.



Slika 18. Presjek terena (Izrađeno u AutoCad-u)

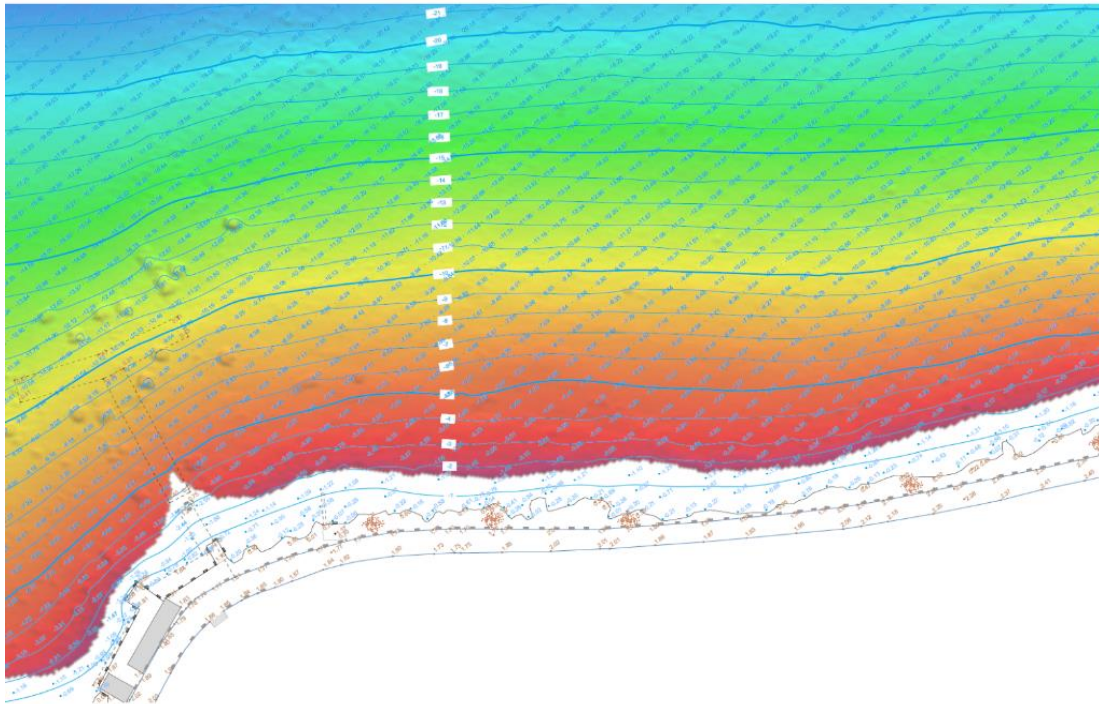
Promjer pilota je 1,00 m, osim na mjestu gdje pilot ulazi u stijenu. Dio pilota koji ulazi u stijenu izvodi se pomoću radne kolone i promjer pilota tada iznosi 1,2 m. Pilot je u stijeni temeljen na dužini od 3,5 m, što možemo vidjeti na Slici 19.



Slika 19. Temeljenje pilota (*Izrađeno u AutoCad-u*)

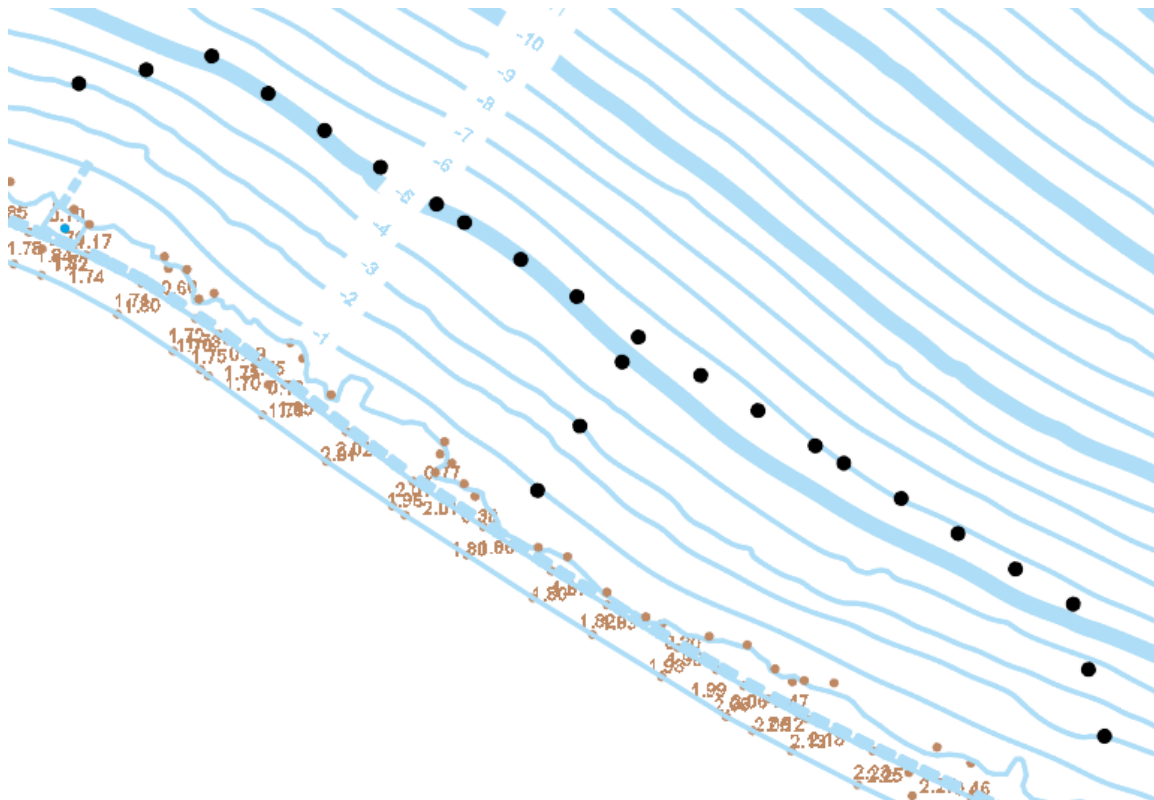
### 3.1.2. Odabir položaja konstrukcije valobrana

Nakon analize podataka za dubinu terena dobivenih pomoću stranice Navionics u prethodnome poglavlju i njihovom usporedbom s već geodetski izmjerenom obalom možemo uočiti da se podatci za visine obale i dubine morskog dna ne poklapaju. Stoga je za potrebe izrade projekta valobrana u uvali Velopin napravljena batimetrijska karta morskoga dna. Mjerenje morskoga dna kao i batimetrijsku kartu (Prilog 1.) napravio je Geodetski zavod Rijeka u srpnju 2022. godine. Na Slici 20. prikazana je batimetrijska karta za dio uvale Velopin na kojem će biti postavljen valobran.



Slika 20. Batimetrijska karta za uvalu Velopin

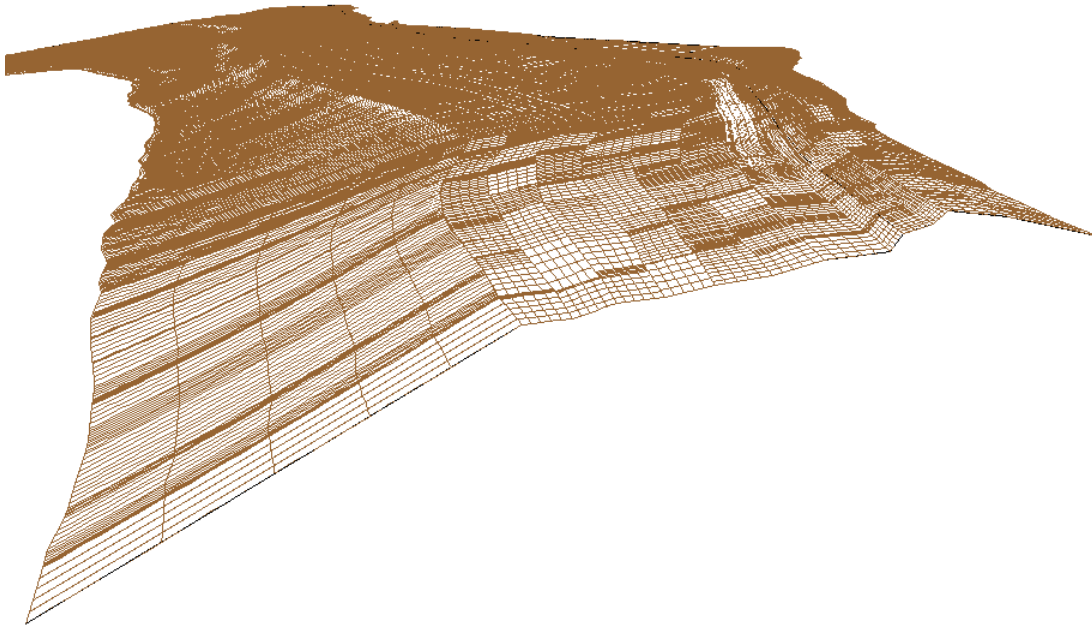
Prema dobivenoj batimetrijskoj karti možemo odrediti položaj lukobrana uzimajući u obzir optimalan odnos iskoristivosti lukobrana i troškove izvedbe konstrukcije. Troškovi značajno rastu s povećanjem duljine pilota, tj. njihovim postavljanjem u dublje dijelove morskoga dna. Na Slici 21. prikazan je položaj pilota ovisno o dubinama morskoga dna.



Slika 21. Položaj pilota u odnosu na dubine morskog dna (Izrađeno u AutoCad-u)

### 3.1.3. Izrada 3D modela terena u Allplanu

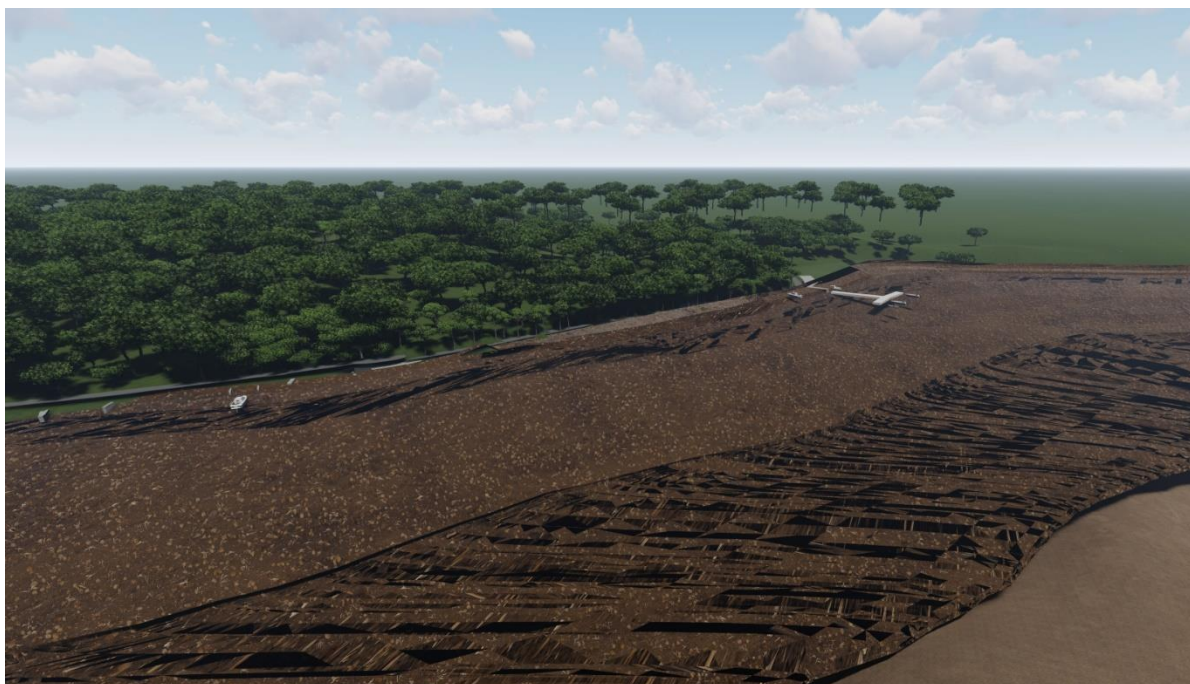
Podaci o terenu su dostupni kao prikaz točaka u vektorskom formatu (dwg) i kao ispis koordinata točaka terena u txt formatu. Svaka točka ima x, y, i z koordinatu, koje su u txt datoteci međusobno odvojene razmakom. Kako bismo txt datoteku mogli prebaciti u Allplan potrebno ju je pretvoriti re2 datoteku u kojoj su koordinate odvojene zarezom. Nakon ubacivanja točaka u Allplan potrebno je optimizirati mrežu točaka kako bismo dobili morsko dno. (Slika 22.)



Slika 22. Mreža točaka morskoga dna (*Izrađeno u AutoCad-u*)

U studentskoj verziji Allplana nije moguće napraviti model tla koji će biti 3D tijelo, ali je to moguće napraviti u nadogradnji Allplana koja se zove „Terrain”. Model terena u 3D-u svakako je koristan pri izradi troškovnika i iskaza količina jer pomoću naredbi za iskop možemo odrediti vrlo preciznu vrijednost iskopanog materijala.

Dobiveni teren iz Allplana može se prebaciti u Lumioni te tamo dodatno urediti. (Slika 23.)



Slika 23. Model terena morskog dna (*Izrađeno u Lumion-u*)

### 3.2. Vjetrovalna klima

Kod određivanja vjetrovalne klime nužno je odrediti brzinu i smjer puhanja vjetra. Te karakteristike ovisne o reljefu, razvedenosti obalne linije, dobu dana i godine, polju tlaka i slično. Smjer puhanja vjetra prikazuje se najčešće pomoću ruže vjetrova, koja se dobiva tako da se čestina pojedinog smjera pokaže pomoću postotaka ukupne čestine svih smjerova i tišina. Pomoću ruže vjetrova možemo vidjeti srednju brzinu kojom puše vjetar iz svakog pojedinog smjera vjetra.

Vjetar se u Malome Lošinju mjeri na meterološkoj postaji koja se nalazi na nadmorskoj visini od 53 m te geografskoj širini  $44^{\circ} 32' N$  i geografskoj duljini  $14^{\circ} 28' E$ . Anemografom dobivamo 10-minutnu brzinu vjetra i prevladavajući smjer mjeran u intervalu od deset minuta, kao i maksimalni udar vjetra. Za potrebe ovoga rada koristiti ćemo anemografska mjerenja u razdoblju od 1995.-2007. U Tablici 1. prikazano je kolika je vjerojatnost

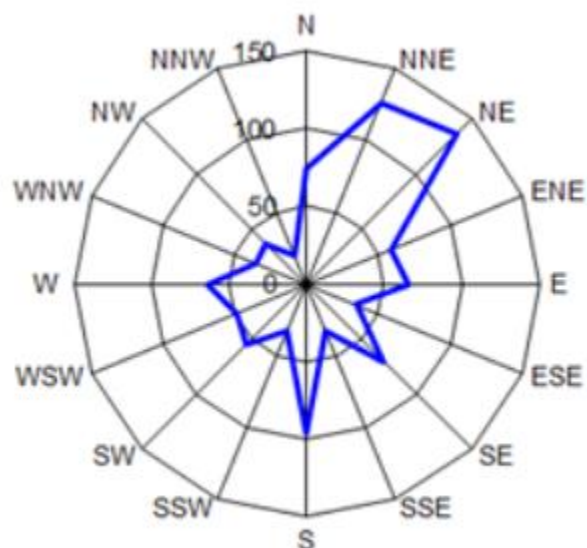
istovremenog pojavljivanja različitih smjerova vjetra ovisno o brzinama vjetra za spomenuto mjerno razdoblje.

*Tablica 1. Odnos istovremenog pojavljivanja različitih smjerova vjetra o različitim brzinama vjetra za mjerno razdoblje 1995.-2007 [4]*

| JAČINA [Bf]  |        | 0       | 1       | 2       | 3       | 4       | 5        | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | ZBROJ    | SRED   | MAX.<br>(m/s) |       |
|--------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------|---------------|-------|
| BRZINA (m/s) |        | 0,0-0,2 | 0,3-1,5 | 1,6-3,3 | 3,4-5,4 | 5,5-7,9 | 8,0-10,7 | 10,8-13,8 | 13,9-17,1 | 17,2-20,7 | 20,8-24,4 | 24,5-28,4 | 28,5-32,6 | 32,7-36,9 |          |        |               |       |
| SMJER        | TIŠINA | 15,31   |         |         |         |         |          |           |           |           |           |           |           |           | 15,31    | 0,00   | 0,00          |       |
|              | N      |         | 25,63   | 36,35   | 10,24   | 1,29    | 0,28     | 0,08      |           |           |           |           |           |           |          | 73,87  | 2,00          | 22,60 |
|              | NNE    |         | 32,17   | 44,15   | 30,61   | 13,91   | 4,30     | 0,48      | 0,01      |           |           |           |           |           |          | 125,63 | 2,80          | 30,55 |
|              | NE     |         | 29,52   | 39,07   | 32,20   | 22,74   | 9,40     | 2,76      | 0,46      | 0,04      |           |           |           |           |          | 136,19 | 3,40          | 26,45 |
|              | ENE    |         | 22,11   | 23,95   | 7,58    | 3,39    | 1,09     | 0,28      | 0,01      |           |           |           |           |           |          | 58,41  | 3,60          | 34,50 |
|              | E      |         | 26,74   | 29,04   | 7,15    | 2,67    | 0,43     | 0,02      |           |           |           |           |           |           |          | 66,05  | 2,50          | 26,45 |
|              | ESE    |         | 7,80    | 15,62   | 7,71    | 2,96    | 0,39     | 0,03      |           |           |           |           |           |           |          | 34,51  | 2,20          | 15,50 |
|              | SE     |         | 10,17   | 24,57   | 20,93   | 12,99   | 1,51     | 0,09      |           |           |           |           |           |           |          | 70,26  | 2,30          | 22,60 |
|              | SSE    |         | 3,65    | 9,92    | 11,49   | 5,81    | 1,25     |           |           |           |           |           |           |           |          | 32,12  | 3,00          | 18,95 |
|              | S      |         | 8,05    | 30,12   | 42,58   | 14,89   | 0,69     | 0,05      | 0,01      |           |           |           |           |           |          | 96,39  | 2,50          | 18,95 |
|              | SSW    |         | 3,75    | 10,72   | 13,19   | 4,57    | 0,33     | 0,01      | 0,01      |           |           |           |           |           |          | 32,58  | 2,10          | 15,50 |
|              | SW     |         | 9,55    | 22,54   | 14,79   | 6,04    | 1,74     | 0,22      |           |           |           |           |           |           |          | 54,88  | 1,80          | 22,60 |
|              | WSW    |         | 13,25   | 20,74   | 10,64   | 2,73    | 0,75     | 0,14      | 0,01      |           |           |           |           |           |          | 48,26  | 1,90          | 15,50 |
|              | W      |         | 15,77   | 27,45   | 17,48   | 2,59    | 0,33     | 0,03      | 0,01      |           |           |           |           |           |          | 63,66  | 1,70          | 6,70  |
|              | WNW    |         | 11,00   | 13,95   | 8,34    | 2,16    | 0,21     | 0,13      | 0,02      |           |           |           |           |           |          | 35,81  | 1,50          | 4,40  |
|              | NW     |         | 18,42   | 14,34   | 3,61    | 0,39    | 0,04     | 0,08      |           |           |           |           |           |           |          | 36,88  | 1,70          | 9,35  |
| NNW          |        | 8,08    | 9,03    | 1,90    | 0,24    |         |          |           |           |           |           |           |           |           | 19,25    | 1,80   | 6,70          |       |
| ZBROJ        |        | 15,31   | 245,66  | 371,56  | 240,44  | 99,37   | 22,74    | 4,40      | 0,54      | 0,04      | 0,00      | 0,00      | 0,00      |           | 1.000,06 |        |               |       |

Iz prethodne tablice možemo vidjeti da na godišnjoj razini najviše puše vjetar iz smjera NE, zatim ga prema postotku pojavljivanja prate vjetrovi iz smjera NNE, S i SE. Vjetar iz smjera NE je bura, koja je jak, hladan i mahovit vjetar karakterističan za područje Kvarnera. Od smjera ESE do smjera SSE puše jugo, koji je vlažan i topao vjetar praćen ciklonom. Za vrijeme ljetnih mjeseci u području priobalja karakterističan je maestar, koji na otvorenom moru ima smjer NW, dok mu se smjer teško određuje na obalnom području zbog konfiguracije terena. Spomenuti smjerovi puhanja vjetra mogu se vidjeti na godišnjoj ruži vjetra za Mali Lošinj za vrijeme mjerenja od 1995-2007 (Slika 24.).





Slika 24. Ruža vjetrova za Mali Lošinj za razdoblje 1995.-2007. [4]

U Tablici 2. možemo vidjeti dugoročnu prognozu brzine vjetra ovisno o smjeru vjetra za Mali Lošinj koju je također izradila firma Hydroexpert iz Zagreba. Bitno je napomenuti da su zbog zaklonjenosti anemografa izmjerene brzine vjetra iz II. kvadranta preniske i da su podatci za II. kvadrant zapravo prognozirane brzine vjetra za područje Raba i Crikvenice.

Tablica 2. Dugoročna prognoza brzine vjetra za Mali Lošinj [4]

| T<br>(godine<br>)                 | P<br>(%) | Vs<br>m/s | Vu<br>m/s |
|-----------------------------------|----------|-----------|-----------|
| svi smjerovi                      |          |           |           |
| 2                                 | 50       | 13.9      | 26.5      |
| 5                                 | 80       | 15.3      | 28.7      |
| 10                                | 90       | 16.3      | 30.1      |
| 50                                | 98       | 18.5      | 33.4      |
| 100                               | 99       | 19.4      | 34.7      |
| smjerovi bure<br>NNE, NE, ENE     |          |           |           |
| 2                                 | 50       | 13.9      | 25.9      |
| 5                                 | 80       | 15.3      | 28.6      |
| 10                                | 90       | 16.3      | 30.3      |
| 50                                | 98       | 18.5      | 34.1      |
| 100                               | 99       | 19.4      | 35.7      |
| smjerovi juga<br>ESE, SE, SSE     |          |           |           |
| 2                                 | 50       | 9.8       | 21.7      |
| 5                                 | 80       | 10.9      | 24.1      |
| 10                                | 90       | 11.6      | 25.6      |
| 50                                | 98       | 13.2      | 29.2      |
| 100                               | 99       | 13.9      | 30.6      |
| smjerovi lebiča<br>S, SSW, SW     |          |           |           |
| 2                                 | 50       | 11        | 21.6      |
| 5                                 | 80       | 12.3      | 24.5      |
| 10                                | 90       | 13.1      | 26.4      |
| 50                                | 98       | 14.9      | 30.7      |
| 100                               | 99       | 15.6      | 32.5      |
| smjerovi pulenta<br>WSW, W, WNW   |          |           |           |
| 2                                 | 50       | 10.8      | 22.5      |
| 5                                 | 80       | 12.5      | 25.6      |
| 10                                | 90       | 13.6      | 27.6      |
| 50                                | 98       | 16        | 32.1      |
| 100                               | 99       | 17        | 34        |
| smjerovi tramontane<br>N, NW, NNW |          |           |           |
| 2                                 | 50       | 7.5       | 22.1      |
| 5                                 | 80       | 9.4       | 25.2      |
| 10                                | 90       | 10.7      | 27.2      |
| 50                                | 98       | 13.6      | 31.7      |
| 100                               | 99       | 14.8      | 33.6      |

Firma Hydroexpert iz Zagreba je za potrebe izrade plutajućih gatova u uvali Škverić odredila dugoročnu prognozu za satnu brzinu vjetra. Za potrebe izrade ovoga diplomskoga rada će se zbog blizine dviju uvala podatci o vjetru za uvalu Škverić koje možemo vidjeti u Tablici 3. koristiti i za uvalu Velopin.

*Tablica 3. Dugoročna prognoza za satnu brzinu vjetra za uvalu Škverić [4]*

| Povratni periodi (godine) | NE kvadrant bura | SE kvadrant jugo | W-NW potentat-maestral | SW kvadrant lebić |
|---------------------------|------------------|------------------|------------------------|-------------------|
| 2                         | 14.5 m/s         | 13.9 m/s         | 10.8 m/s               | 12.3 m/s          |
| 5                         | 17 m/s           | 16.5 m/s         | 12.5 m/s               | 14.5 m/s          |
| 10                        | 18 m/s           | 18.3 m/s         | 13.6 m/s               | 15.5 m/s          |
| 50                        | 21 m/s           | 25 m/s           | 18 m/s                 | 18 m/s            |
| 100                       | <b>22 m/s</b>    | 26 m/s           | <b>20 m/s</b>          | 21 m/s            |

Za povratni period od 100 godina maksimalni udari vjetra u trajanju od tri sekunde za buru i tramontanu prikazani su u Tablici 4.

*Tablica 4. Maksimalni udari (3s) vjetra tramontane (iz NW) i bure (NW) u Malom Lošinj [4]*

| Povratni period (godine) | NE bura (m/s) | NW tramontana (m/s) |
|--------------------------|---------------|---------------------|
| 100                      | 35,7          | 33,6                |

## 4. KARAKTERISTIKE MORA

### 4.1. Morske razine

Kako na području Malog Lošinja nema maregofske stanice potrebno je napraviti interpretaciju pomoću dugoročnih prognoza morskih razina mjerenih na maregrafskim stanicama u Rovinju i Bakru. Za područje Malog Lošinja potrebno je odrediti srednju višu visoku i srednju nižu razinu mora. Srednja viša visoka razina mora (SVVŽR) je višegodišnji prosjek najviše dnevne razine mora, dok je srednja niža razina (SNNŽR) višegodišnji prosjek najniže razine mora. Također je potrebno odrediti srednju razinu mora SR koja se dobiva kao višegodišnji prosjek registriranih satnih razina mora. Ekstremne morske razine se izrađuju na temelju statistike ekstrema. Kako nemamo podatke o razinama mora za uvalu Velopin, koristit ćemo podatke za područje Škverić. U Tablici 5. možemo vidjeti nisku razinu povratnog perioda jedne godine ( $NR^{1\text{ god.}}$ ) i visoku razinu povratnog perioda jedne godine ( $VR^{1\text{ god.}}$ ).

Tablica 5. Karakteristične morske razine [4]

| Morska razina        | Kota GN (m.n.m.) |
|----------------------|------------------|
| Extr $VR_{100}$      | + 1,35           |
| Extr $VR_{10}$       | +1,20            |
| $VR^{1\text{ god.}}$ | +0,80            |
| SVVŽR                | +0,50            |
| SR                   | +0,15            |
| SNNŽR                | -0,30            |
| $NR^{1\text{ god.}}$ | -0,40            |
| Extr $NR_{10}$       | -0,55            |
| Extr $NR_{100}$      | -0,65            |

## 4.2. Morske struje

Da bismo mogli odrediti utjecaj valova na valobran koji se nalazi u uvali Velopin potrebno je imati podatke o morskim strujama. Uvala Velopin nalazi se u Malološinjskom zaljevu koji je relativno zatvoren akvatorij. Podatke koje ćemo koristiti dobiveni su u integralnoj studiji osnovnog prostornog rješenja ML zaljeva [4] mjerenjem morskih struja. Morske struje mjerile su se u osam točaka. U svim točkama srednja brzina je oko 0,1 m/s osim na glavnom ulazu u zaljev kod kojeg su izmjerene dvostruke vrijednosti. Minimalne brzine koje su izmjerene iznose oko 0,05 m/s, a maksimalne oko 0,25 m/s. Studijom je zaključeno da se morske mase u Malološinjskom zaljevu izmjenjuju preko plime i oseke u najvećoj količini kroz glavni ulaz Toruza a u manjoj količini kroz ostala dva ulaza (Slika 25.). U dva dana se u Malološinjskom zaljevu izmjeni sva voda, te se može zaključiti da je izmjena vode u Malološinjskom kanalu vrlo kvalitetna. Struje morskih mijena posjeduju brzinu od 0,3 čv, dok olujni vjetrovi koji pušu u smjeru SW i W mogu imati brzinu i do 1,0 čv [8].



Slika 25. Ulaz morskih struja u malološinjskom zaljevu

### 4.3. Valovi na području Malološinjskog zaljeva

Valovi koji mogu djelovati na plovila i valobran mogu biti uzrokovani vjetrom ili brodovima, šćige (seiche) i ranije spomenuti plimni valovi. Valovi uzrokovani vjetrom su najčešći i, imaju veliku energiju i kratak period.

U integralnoj studiji [4] napravljena je kratkoročna i dugoročna prognoza za deset točaka na Malološinjskom zaljevu. Na Slici 26. prikazana je točka na kojoj je provedena prognoza i na temelju koje ćemo dobiti značajne valne visine. Točka 1 nalazi se na dubini od 15 m i udaljena je 300 m prema NW od dna uvale luke Mali Lošinj.



Slika 26. Točka 1 na kojoj je provedena studija [4]

U Tablici 6. prikazan je rezultat proračuna za točku 1. Metodom Groen Dorrensteina određene su značajne valne visine za sve vjetrove jačine od 6 do 10 Bf.

Tablica 6. Značajna visina vala [4]

| ZNAČAJNA VALNA VISINA $H_{1/3}$ (m)                |                   |                        |                    |      |      |      |     |
|--|-------------------|------------------------|--------------------|------|------|------|-----|
| Smjer vjetra                                       | Privjetrište (km) | Efektivno privjetrište | BRZINA VJETRA (Bf) |      |      |      |     |
|  |                   |                        | 6                  | 7    | 8    | 9    | 10  |
| 300 m NW OD DNA UVALE LUKE M. LOŠINJA- DUBINA 15 m |                   |                        |                    |      |      |      |     |
| NW   | 5,0               | 1,50                   | 0,50               | 0,65 | 0,75 | 0,90 | 1,1 |
| N  | 0,25              | 0,25                   | 0,20               | 0,25 | 0,30 | 0,40 |     |
| SE   | 0,30              | 0,20                   | 0,20               |      |      |      |     |

Za smjer puhanja vjetra NW u kojem je dominantna tramontana brzina za projektno razdoblje od 100 godina ne prelazi iznad 8 Bf pa možemo uzeti značajnu visinu vala od  $H_{1/3}^{100}=0,75$  m.)

Moguća je pojava slobodnih oscilacija tj. ščige (seiche) čiji je period oko 23 sata i baričkih valova koji nastaju uslijed promjene tlaka sa periodom od 1 do 3 sata.

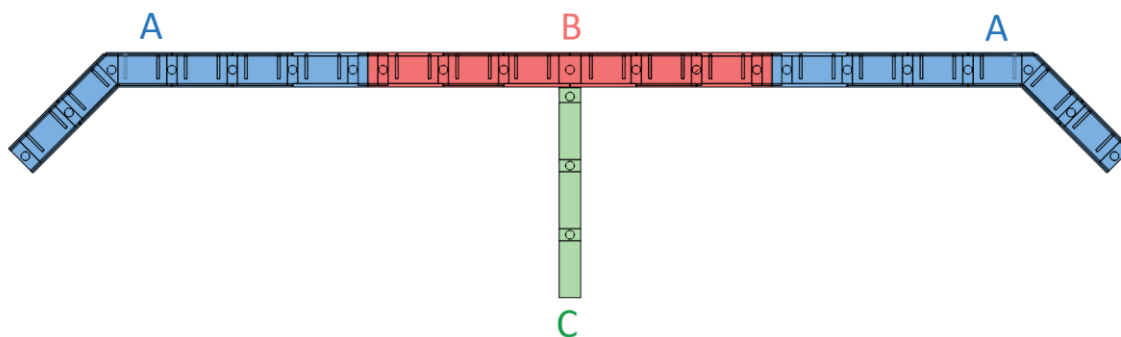
Brzinu valova koje uzrokuju plovila teže je prognozirati jer ovise o brzini plovila, njegovim dimenzijama i drugim parametrima. Kako bi se spriječilo nastajanje velikih valova koje ograničena je brzina kretanja plovila u akvatoriju. U SE dijelu zaljeva moguća je pojava većih valova koje uzrokuju brodovi i turističke brodice.

Prema Hrvatskom registru brodova i Brodarskom institutu visine maksimalnih valova za razdoblja od:

- ne više od 5 dana godišnje iznosi  $H_s=0,15$  m
- jednom u razdoblju ne kraćem od 5 godina iznosi  $H_s=0,30$  m,
- jednom u razdoblju ne kraćem od 50 godina iznosi  $H_s=0,50$  m

## 5. TEHNIČKI OPIS

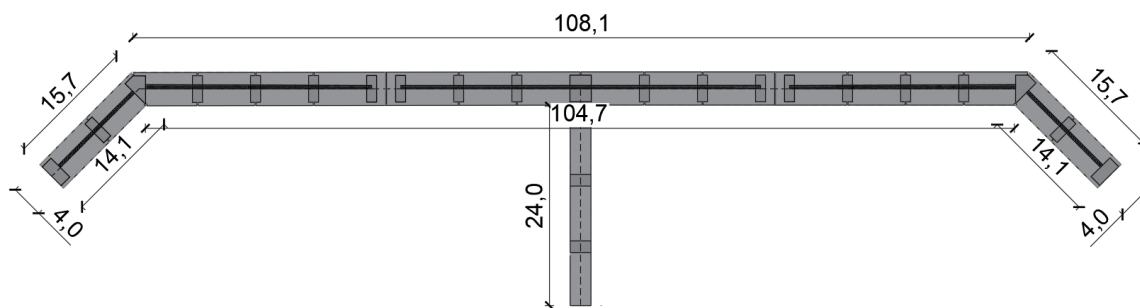
Konstrukcija lukobrana koja se planira se izvesti u uvali Velopin služit će kao privezište plovila III i IV kategorije. Lukobran se sastoji od pilota na koje se betoniraju naglavnice te se nakon njihove izvedbe postavljaju valobrani ekrani, što omogućava djelomičnu propusnost konstrukcije. Radi pojednostavljenja izvođenja konstrukcija je dilatacijama podijeljena na četiri dijela, što možemo vidjeti na Slici 27. Dio A nastavlja se sa lijeve i desne strane dijela B i ima tlocrtni lom od  $45^\circ$ . Dio B je simetričan i pruža se duž osi x. Pristupna pasarela također je ravna i označena je kao dio C.



Slika 27. Konstrukcija valobrana podijeljena na dijelove (Izrađeno u AutoCad-u)

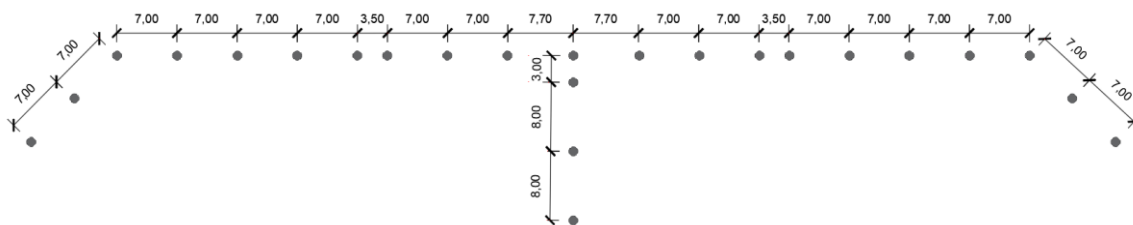
U svom ravnom dijelu konstrukcija s vanjske strane ima dužinu od 108,1 m, dok je s unutarnje dužina 104,7 m. Vanjska strana tlocrtnog loma dugačka je 15,7 m a unutarnja 14,1 m. Širina valobranog ekrana je 4 m. Dio C dugačak je 24,0 m i širok 2,5 m. (Slika 28.)





Slika 28. Dimenzije valobrana (Izrađeno u AutoCad-u)

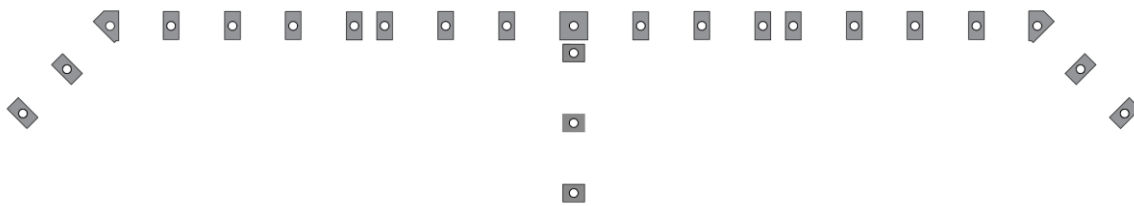
Konstrukcija valobrana zamišljena je kao niz valobranih ekrana koji naliježu preko naglavnice na pilote. Na slici 29. prikazan je tlocrtni položaj pilota.



Slika 29. Tlocrtni položaj pilota (Izrađeno u AutoCad-u)

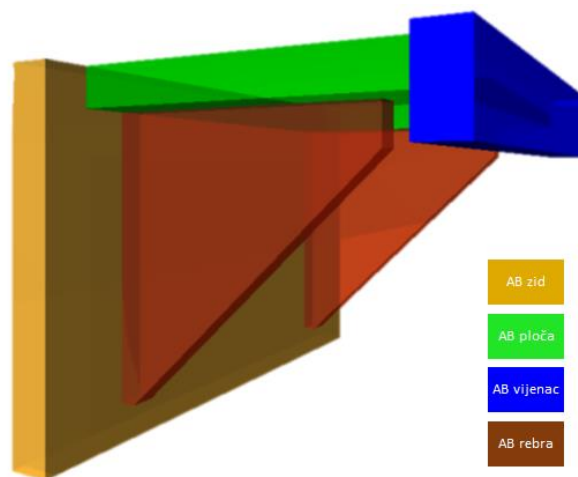
Predviđena je izvedba bušenih „Benotto“ pilota od betona razreda čvrstoće C35/45. Najveća duljina pojedinog pilota iznosi 10,8 m, na dijelu konstrukcije gdje je morsko dno najdublje (između -5,5 i -6,0 m). Piloti su po duljini do 3,5 m temeljeni u vapenačkoj stijeni te na tom području imaju promjer od 1,2 m, dok im na preostaloj duljini promjer iznosi 1 m. Na pilote djeluje korozija koje je uzrokovana kloridima iz morske vode i zamrzavanjem i odmrzavanjem, te je potrebno uzeti u obzir razrede izloženosti XS3 i XF2.

Na izvedene pilote betoniraju se naglavnice. Debljina nagalvnica iznosi 40 cm, dok su njihove dimenzije prikazane na Slici 30. Izvode se od klase betona C35/45 za razrede izloženosti XS3 i XF2. Naglavnice na tlocrtnom lomu kod dijela konstrukcije A su poligonalnog oblika, dok su ostale pravokutne.



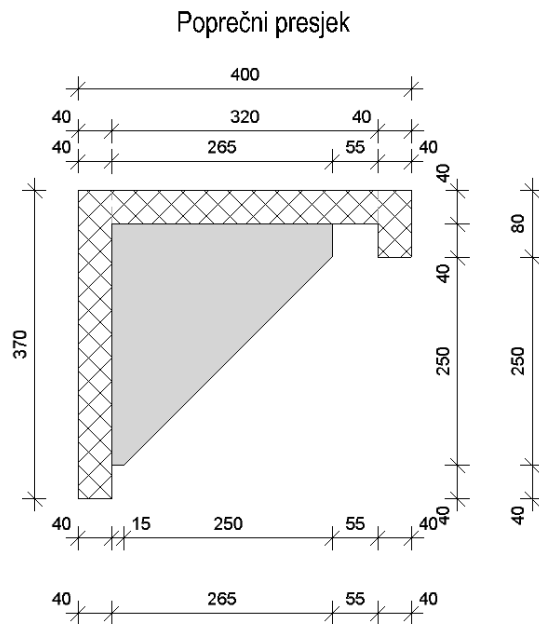
Slika 30. Položaj naglavnica u konstrukciji (Izrađeno u AutoCad-u)

Nakon izvođenja naglavnica postavljaju se valobrani ekrani. Valobrani ekran promatra se kao jedan prostorni element koji je sastavljen od različitih ravninskih armiranobetonskih elemenata: zida, ploče, vijenca i rebara. (Slika 31.)



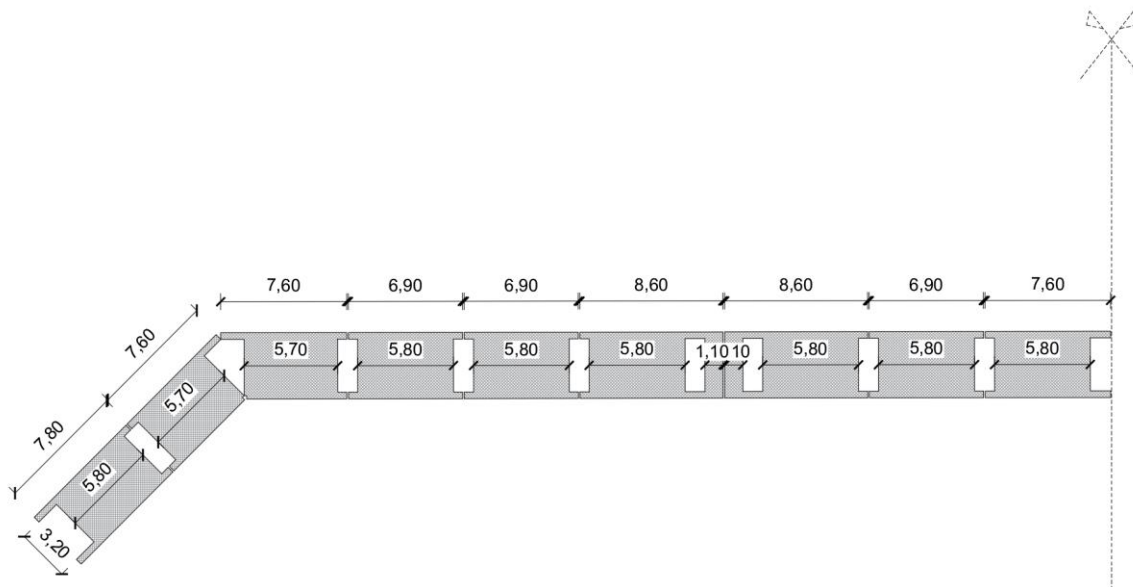
Slika 31. Valobrani ekran u 3D-u (Izrađeno u Allplan-u)

Valobrani ekrani su predgotovljeni elementi izvedeni od betona C35/45 i razreda izloženosti XS3 i XF2. Svi valobrani ekrani dosežu nadmorsku visinu od 1,2 m.n.m. te imaju isti poprečni presjek, iz kojega možemo vidjeti da je debljina valobranog ekrana 40 cm. (Slika 32.)



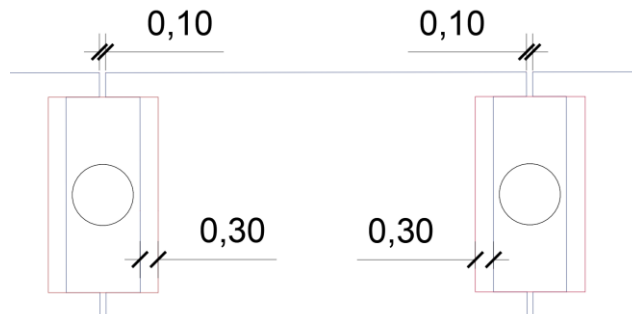
Slika 32. Poprečni presjek valobranog ekrana (Izrađeno u Allplan-u)

Dužina valobranih ekrana varira i može se vidjeti na Slici 33. za lijevi dio konstrukcije koji je simetričan sa desnim dijelom konstrukcije. Dužina valobranih ekrana varira od 6,9 m do 8,6 m.



Slika 33. Tlocrtni položaj valobranih ekrana (Izrađeno u AutoCad-u)

Valobrani ekrani nalježu 30 cm na naglavnicu, tako da je svaki valobrani ekran s obje strane oslonjen. Radi jednostavnosti izvođenja valobrani ekrani međusobno su udaljeni za 10 cm. (Slika 34.)

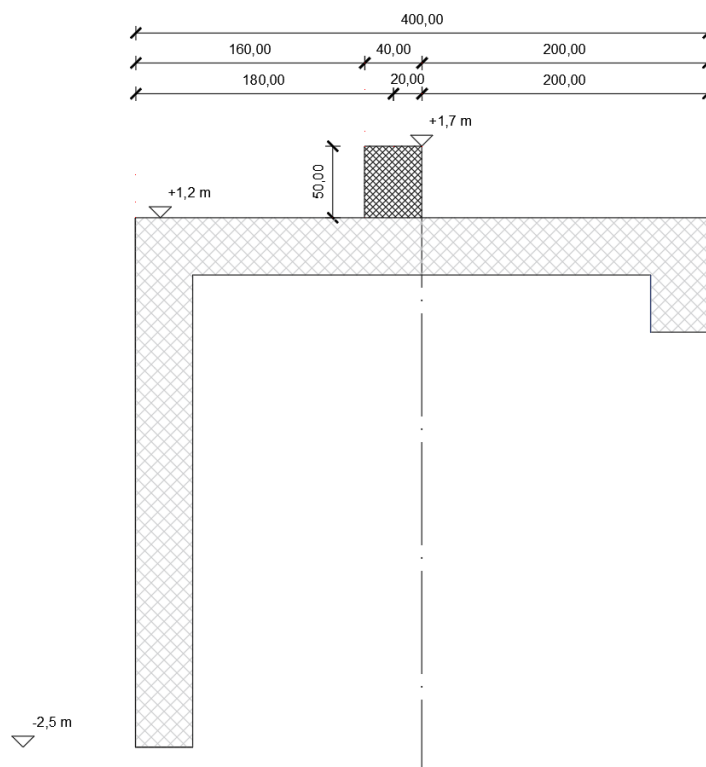


Slika 34. Položaj valobranih ekrana (Izrađeno u AutoCad-u)

Kako nebi došlo do prelijevanja preko valobrana uslijed djelovanja valova potrebno je napraviti valobrani zidić do kote od 1,7 m. Valobrani zidić ima visinu od 50 cm i širinu od 40 cm, te će u tlocrtu biti isprekidan (Slika 35.). Njegov položaj u odnosu na valobrani ekran prikazan je na Slici 36. Izrađen je od betona razreda čvrstoća C35/45 i razreda izloženosti XF2 i XS3.

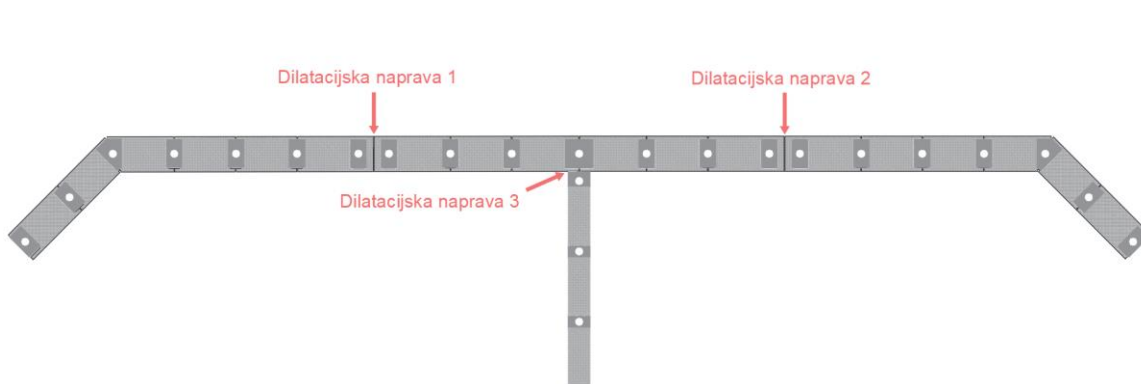


Slika 35. Valobrani zidić u tlocrtu (Izrađeno u AutoCad-u)



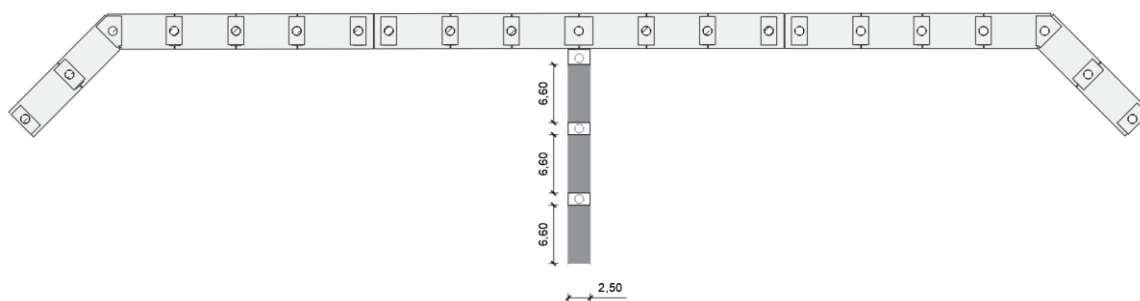
Slika 36. Poprečni presjek valobranog zidića (Izrađeno u AutoCad-u)

Kako je konstrukcija valobrana podijeljena na odvojene segmente (Slika 37.) potrebno je te segmente povezati dilatacijskom napravom. Dilatacijska reška bit će napravljena od nehrđajućeg čelika i omogućavat će dilatacije u uzdužnom pravcu pružanja lukobrana.



Slika 37. Položaj dilatacijskih napravi (Izrađeno u AutoCad-u)

Na dijelu konstrukcije C ne postavljaju se valobrani ekrani jer se na tom dijelu neće vezati plovila. Na naglavnice se stoga postavljaju predgotovljene ploče, koje na naglavnice naliježu na dužini od 30 cm. Predgotovljene ploče imaju debljinu od 40 cm, dok su njihove dimenzije prikazane na Slici 38. Ploča koja se nalazi najbliže obali je jednim krajem oslonjena na naglavnicu dok je drugim krajem oslonjena na obalu.



Slika 38. Dimenzije predgotovljenih ab ploča (*Izrađeno u AutoCad-u*)

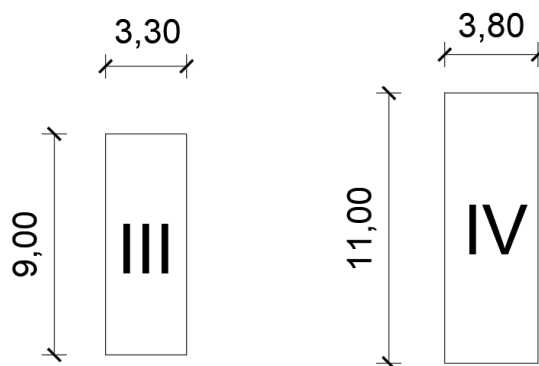
## 6. KATEGORIZACIJA PLOVILA

Kako bismo mogli napraviti analizu opterećenja na lukobran potrebno je odrediti vanjska djelovanja na plovila koja će se nalaziti na privezištu, te je potrebno napraviti kategorizaciju plovila. Kategorija pojedinog plovila ovisi o dimenzijama samog plovila (Tablica 7).

Tablica 7. Klase plovila

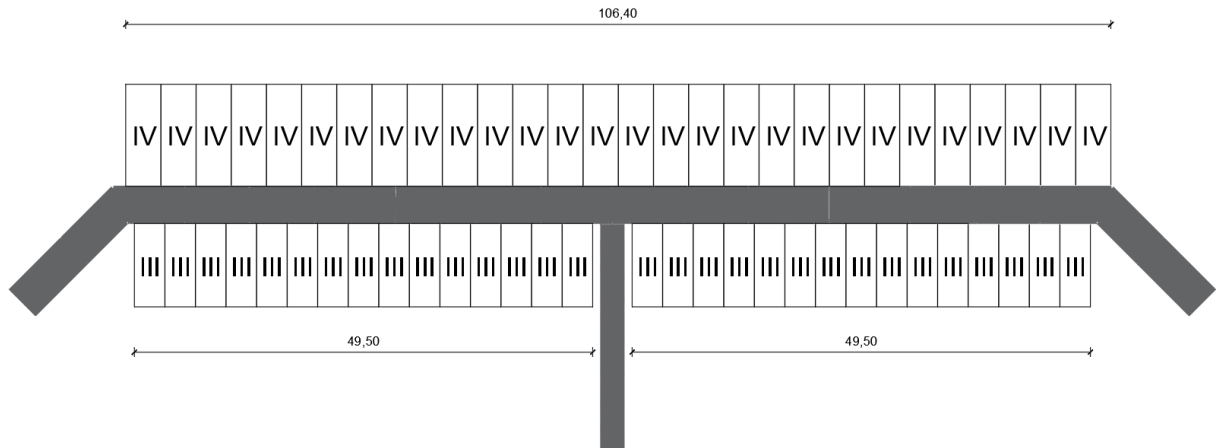
| KLASA | DUŽINA PLOVILA L (m)                     | ŠIRINA PLOVILA L (m) | DIMENZIJE MJESTA PLOVILA (m) |
|-------|--|----------------------|------------------------------|
| I     | $L < 5,0$ m                              | 1,8                  | 5,50 x 2,20                  |
| II    | $5,0 \leq L < 6,5$                       | 2,3                  | 7,00 x 2,80                  |
| III   | <b><math>6,5 &lt; L \leq 8,0</math></b>  | <b>2,8</b>           | <b>9,00 x 3,30</b>           |
| IV    | <b><math>8,0 &lt; L \leq 10,0</math></b> | <b>3,3</b>           | <b>11,00 x 3,80</b>          |
| V     | $10,0 < L \leq 12,0$                     | 3,8                  | 13,00 x 4,40                 |
| VI    | $12,0 < L \leq 15,0$                     | 4,5                  | 16,00 x 5,20                 |
| VII   | $15,0 < L \leq 18,0$                     | 5,2                  | 19,50 x 5,60                 |
| VIII  | $18,0 < L \leq 22,0$                     | 5,8                  | 23,50 x 6,00                 |
| IX    | $22,0 < L \leq 26,0$                     | 6,3                  | 28,00 x 7,50                 |
| X     | $26,0 < L \leq 30$                       | 6,8                  | 32,50 x 8,00                 |

Na slici 39. prikazane su dimenzije mjesta plovila za III. i IV. kategoriju.



Slika 39. Dimenzije mjesta plovila III. i IV. kategorije plovila (Izrađeno u AutoCad-u)

Na lukobranu je predviđen privez plovila III. i IV. kategorije u četverovez<sup>1</sup>. Na Slici 40. možemo vidjeti položaj plovila u odnosu na lukobran. Lukobran će imati kapacitet za privez 58 plovila, od kojih je njih 28 IV. kategorije a njih 30 pripada III. kategoriji.



Slika 40. privez plovila na valobran (Izrađeno u AutoCad-u)

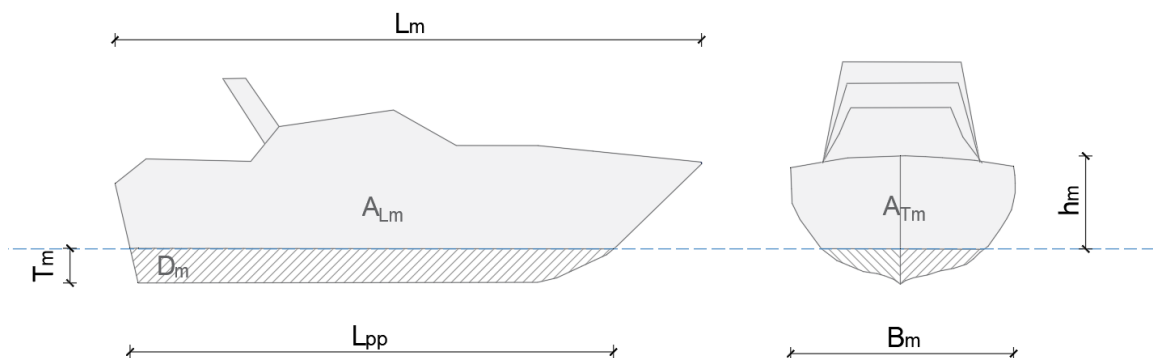
Kategoritacija će se provesti za maksimalnu duljinu od svake kategorije plovila, a ostale dimenzije (Slika 41.) plovila dobit će se kao funkcija duljine. Duljina plovila  $L_m$  je horizontalni razmak između krajnjih točaka na pramcu<sup>2</sup> i na krmi<sup>3</sup> broda. Za kategoriju III ona će se izvesti za duljinu od 8 m, a kod kategorije IV uzima se duljina od 10 m. Dimenzije plovila također će ovisiti i o vrsti plovila tj. da li je plovilo jedrilica ili motorna jahta.

<sup>1</sup> četverovez- privez u kojemu brod leži okomito na obalu

<sup>2</sup> pramac - prednji dio broda, čamca, jedrilice i većine drugih plovila

<sup>3</sup> krma – stražnji dio broda





Slika 41. Dimenzije plovila (Izrađeno u AutoCad-u)

Izrazi (1) - (15) preuzeti su iz [6].

Širina broda  $B_m$  ( $B_m$  eng. beam) je širina mjerena na vanjskom rubu broda i računa se prema formuli (1).

$$B = 0.23 \times L + 0.85 \quad (1)$$

Nadvođe  $h_m$  ( $h_m$  eng. freeboard) je vertikalna udaljenost od plovne vodnelinije do gornjeg ruba opločenja palube i računa se posebno za motorne jahte (2) i jedrilice (3).

$$F_p = 0.16 \times L - 0.2 \quad (2)$$

$$F_p = 0.12 \times L - 0.1 \quad (3)$$

Gaz  $T_m$  ( $T_m$  eng. draught) je vertikalna udaljenost od osnovice do plovne vodne linije. Gaz se za motorne jahte računa prema izrazu (4) a za jedrilice prema izrazu (5).

$$T = 0.0007 \times L^2 + 0.086 \times L \quad (4)$$

$$T = 0.0008 \times L^3 - 0.0312 \times L^2 + 0.461 \times L - 0.6 \quad (5)$$

Kako bismo mogli dobiti djelovanje vjetra na jedrilicu potrebno je odrediti dimenzije jarbola. Visina jarbola  $H_j$  dobiva se pomoću izraza (6) a njegova debljina  $B_j$  pomoću izraza (7).

$$H_j = 1.25 \times L \quad (6)$$

$$B_j = 0.02 \times H_j \quad (7)$$

Istisnina se kod motornih jahti dobiva preko formule (8) a kod jedrilica pomoću formule (9).

$$\nabla = \left( \frac{L \times 13}{81.7 - L} \right)^3 \quad (8)$$

$$\nabla = \left( \frac{L \times 10.4}{72.6 - L} \right)^3 \quad (9)$$

Vrijednost za poprečnu površinu nadvođa  $A_{Tm}$  za motorne jahte uzima se iz izraza (10), a za jedrilice iz izraza (11).

$$A_{Tm} = 0.238 \times L^2 - 0.0051 \times L^3 - 1.56 \times L + 3.3 \quad (10)$$

$$A_{Tm} = 0.0511 \times L^2 - 0.001 \times L^3 + 0.055 \times L - 0.61 \quad (11)$$

Također je potrebna uzdužna površina nadvođa  $A_{Lm}$  koja se za motorne jahte dobiva iz jednadžbe (12), a za jedrilice iz jednadžbe (13).

$$A_{Lm} = 0.81 \times L^2 - 0.0146 \times L^3 - 6.1 \times L + 14.9 \quad (12)$$

$$A_{Lm} = 0.256 \times L^2 - 0.0042 \times L^3 - 1.14 \times L + 2.9 \quad (13)$$

Pomoću izraza (14) dobiva se maksimalna visina nadvođa za male jahte a izrazom (15) maksimalna visina nadvođa za jedrilice.

$$A = 0.29 \times L - 0.0039 \times L^2 + 0.17 \quad (14)$$

$$A = 0.155 \times L + 0.31 \quad (15)$$

Navedene formule koje prikazuju ovisnost duljine i ostalih dimenzija plovila dobivene su analizom većeg broja plovila. Izračunom pomoću prethodnih izraza dobivamo dimenzije za III. kategoriju plovila (Tablica 8.) i IV. kategoriju plovila (Tablica 9.).

Tablica 8. Kategorizacija plovila za III. kategoriju plovila

|  | m. jahta | jedrilica | jarbol |
|--|----------|-----------|--------|
| Duljina broda L (m)                                | 8,0      | 8,0       | /      |
| Širina broda B (m)                                 | 2,7      | 2,7       | /      |
| Nadvođe na pramcu $h_m$ (m)                        | 1,1      | 0,9       | /      |
| Gaz broda $T_m$ (m)                                | 0,7      | 1,5       | /      |
| Visina jarbola od VL HJ (m)                        | /        | /         | 10,0   |
| Debljina jarbola (m)                               | /        | /         | 0,2    |
| istisnina (m <sup>3</sup> )                        | 2,8      | 2,8       |        |
| Poprečna površina nadvođa<br>ATm [m <sup>2</sup> ] | 3,4      | 2,9       | 1,0    |
| Uzdužna površina nadvođa<br>ALm [m <sup>2</sup> ]  | 10,5     | 8,0       | 1,0    |
| Maksimalno nadvođe A [m]                           | 2,2      | 1,6       | /      |

Tablica 9. Kategorizacija plovila za IV. kategoriju plovila

|  | m. jahta | jedrilica | jarbol |
|--|----------|-----------|--------|
| Duljina broda L (m)                                | 10,0     | 10,0      | /      |
| Širina broda B (m)                                 | 3,2      | 3,2       | /      |
| Nadvođe na pramcu $h_m$ (m)                        | 1,4      | 1,1       | /      |
| Gaz broda $T_m$ (m)                                | 0,9      | 1,7       | /      |
| Visina jarbola od VL HJ (m)                        | /        | /         | 12,5   |
| Debljina jarbola (m)                               | /        | /         | 0,3    |
| istisnina (m <sup>3</sup> )                        | 6,0      | 6,0       |        |
| Poprečna površina nadvođa<br>ATm [m <sup>2</sup> ] | 6,4      | 4,2       | 1,6    |
| Uzdužna površina nadvođa<br>ALm [m <sup>2</sup> ]  | 20,3     | 12,9      | 1,6    |
| Maksimalno nadvođe A [m]                           | 2,7      | 1,9       | /      |

## 7. ANALIZA OPTEREĆENJA

### 7.1. Opterećenje koje uzrokuju plovila

#### 7.1.1. Opterećenje od djelovanja vjetra na plovila

Opterećenje od djelovanja vjetra na lukobran određujemo tako da odredimo opterećenje kojim vjetar djeluje na plovilo koje je privezano na lukobran. Tlak vjetra djeluje na svako plovilo koje se nalazi na privezištu i ono ima stalnu i varijabilnu komponentu. Stalni tlak uzrokovan je jednolikim djelovanjem vjetra a varijabilna komponenta nastaje uslijed mahovitosti vjetra koja je karakteristična za buru. Iz formule (16) možemo vidjeti da tlak vjetra ovisi o brzini vjetra i aerodinamičkim svojstvima izložene površine.

$$w = \frac{1}{2} \times C \times \rho \times v^2 \quad (16)$$

gdje je:  $w$  – tlak u  $\text{N/m}^2$

$C$  – aerodinamički koeficijent otpora izložene površine ovisan o obliku izložene površine

$\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$  – gustoća zraka kao njena srednja vrijednost na razini mora u normalnim meteorološkim uvjetima ( $1.225 \text{ kg/m}^3$  pri tlaku zraka  $p = 1013 \text{ Pa}$  i temperaturi  $t = 15^\circ\text{C}$ )

$v$  – prosječna brzina vjetra u  $\text{m/s}$

Kako bismo dobili silu od djelovanja vjetra  $W$  potrebno je tlak vjetra  $w$  pomnožiti s površinom  $A$  koje je okomita na smjer puhanja vjetra. (17)

$$W = \frac{1}{2} \times C \times \rho \times A \times v^2 \quad (17)$$

Kod određivanja brzine vjetra mjerene na visini od 10 metara u vremenskom intervalu od 10 minuta  $(v_{10})_{600}$  koristiti će se empirijska formula (18) iz [7]. Kao ulazni podatak bit će Beufortova ljestvica tj. jakost vjetra u stupnjevima Beuforta  $B$ .

$$(v_{10})_{600} = 0.836 \times \sqrt{B^3} \quad (18)$$

U prijašnjoj formuli nije uključena mahovitost, koja je jedna od glavnih karakteristika bure koje je tipičan vjetar za priobalno podneblje. Mahovitost uvodimo u izraz (19) iz [7] kako bismo dobili realniji učinak vjetra na plovila.

$$(v_{10})_t = (v_{10})_{600} \times [1.45 - 0.07 \times \ln t] \quad (19)$$

gdje je:  $(v_{10})_t$  – brzina vjetra u m/s korigirana s obzirom na mahovitost vjetra

$t$  – period mahovitosti izražen u sekundama

Kada smo u proračun vjetra uvrstili i faktor mahovitosti potrebno je odrediti brzinu vjetra za različite visine (izraz 20 iz [7]), jer vjetar djeluje na visini nadvođa i jarbola plovila što u većini slučajeva nije na visini od 10 m.

$$v_z = v_{z=10m} \frac{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{10}{z_0}\right)} \quad (20)$$

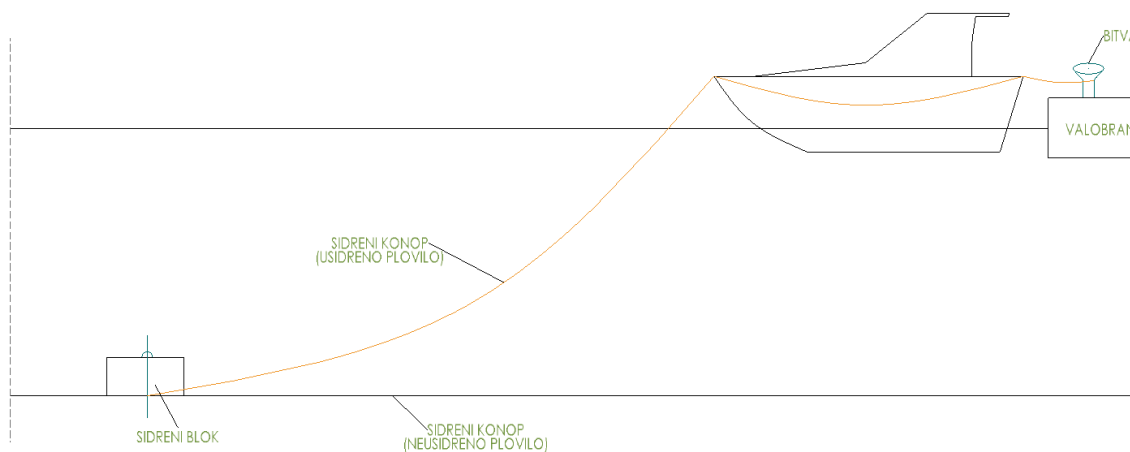
gdje su:  $v_z$  – srednja brzina vjetra na visini  $z$  (m) iznad mora (m/s)

$v_{z=10m}$  – srednja brzina vjetra na visini 10m iznad mora (m/s)

$z$  – visina iznad tla na kojoj se traži brzina vjetra (m)

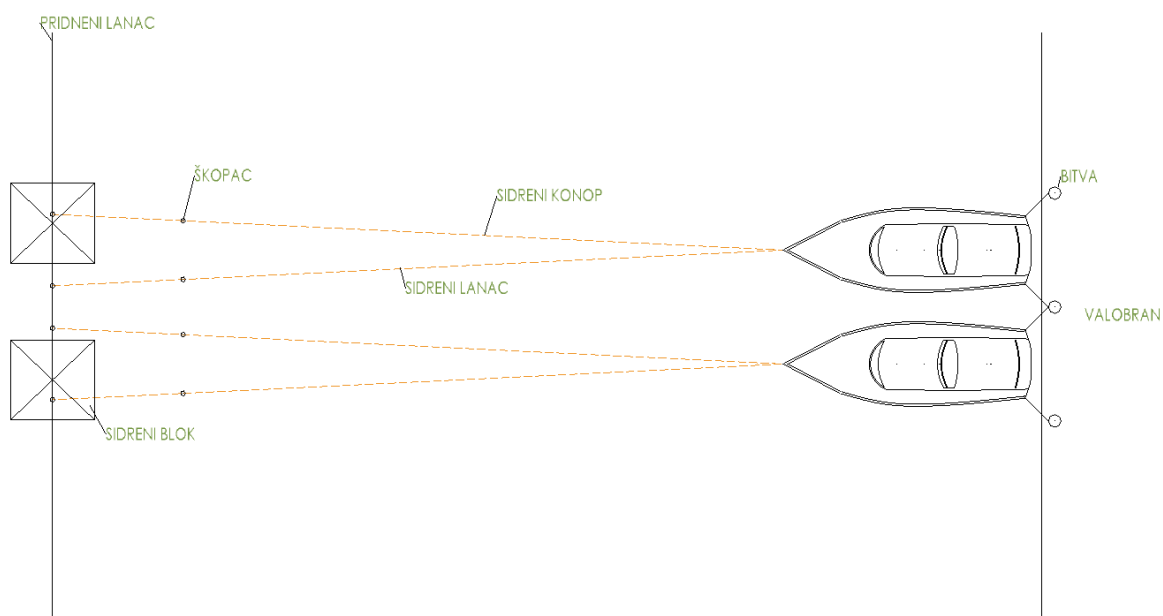
$z_0$  – parametar hrapavosti za valovitu morsku površinu (0.006 m)

Brzina vjetra proporcionalno raste s nadmorskom visinom. U slučaju da visina nadvođa ili jarbola nije cijeli broj uzima se brzina vjetra na većoj nadmorskoj visini. Na Slikama 42. i 43. prikazan je način vezanja plovila na valobran. Svako plovila je preko krme plovila sidrenim konopom povezano s lukobranom preko dvije bitve, koje su od nehrđajućeg čelika. Također, pramac plovila je sidrenim konopom povezan sa sidrenim blokovima („corpo morto“), koji su također povezani pridenim lancem.



Slika 42. Bočni pogled na privez plovila u lukobranu

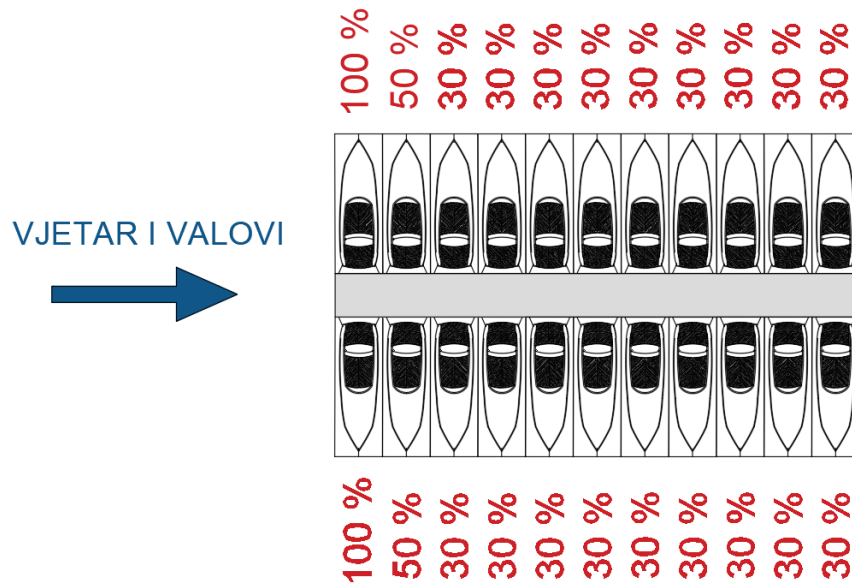




Slika 43. Pogled odozgo na privez plovila u lukobranu

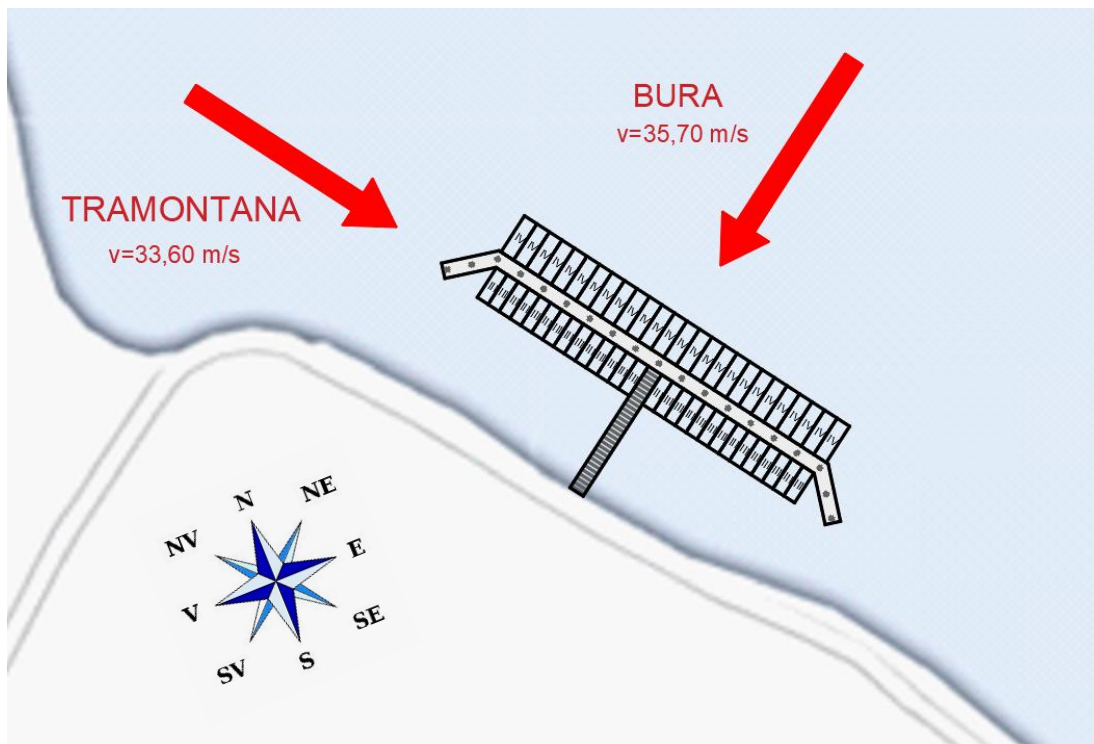
Na budućem lukobranu očekujemo motorne jahte i jedrilice. Aerodinamički koeficijent  $C$  ovisi o otporu površine koja je izložena vjetru. Za poprečni smjer djelovanja vjetra na plovilo aerodinamički koeficijent iznosi 1,00 za motorene jahte i jedrilice. Kod uzdužnog djelovanja vjetra na plovilo aerodinamički koeficijent za motorene jahte iznosi 0,85 dok za jedrilice iznosi 0,5. [7]

Sila vjetra kao i sile od valova koje djeluju poprijeko na plovila mjerodavne su kod određivanja opterećenja na sidrene lance i privezne konope. Poprečne sile od vjetra veće su od uzdužnih, a kako svako plovilo može biti bez susjednih plovila, na njega mogu djelovati poprečne sile od vjetra i valova. Prema izvoru [7] prvo plovilo privezano na lukobran preuzet će 100% opterećenja vjetra, dok će drugo preuzeti 50% a treće i svako sljedeće plovilo preuzima samo 30% opterećenja jer susjedna plovila stvaraju međusobnu zavjetrinu (Slika 44.). Kod djelovanja uzdužnog opterećenja na gat, sile koje djeluju na plovila je potrebno upola smanjiti jer će polovicu opterećenja preuzeti sidreno užo.



Slika 44. Uzdužno djelovanje vjetra na valobran (*Izrađeno u AutoCad-u*)

Kod proračuna djelovanja vjetra na valobran uzimamo buru i tramontanu jer su to vjetrovi kod kojih su se u poglavlju 3. utvrdile najveće brzine. Bura za koju smo odredili brzinu od 35,70 m/s puše u smjeru NE i samim time djeluje poprečno u odnosu na valobran. Tramontana djeluje uzdužno na valobran iz smjera NW brzinom od 33,60 m/s. (Slika 45.)



Slika 45. Djelovanje vjetrova na valobran (Izrađeno u AutoCad-u)

Proračun djelovanja vjetra na plovila proveden je za obje kategorije plovila. Tablica 10. prikazuje vrijednosti brzine vjetra za buru i tramontanu dubine pomoću izraza (20) ovisno o različitim nadmorskim razinama za sve kategorije vozila.

Tablica 10. Vrijednosti brzine vjetra koji djeluje na plovila

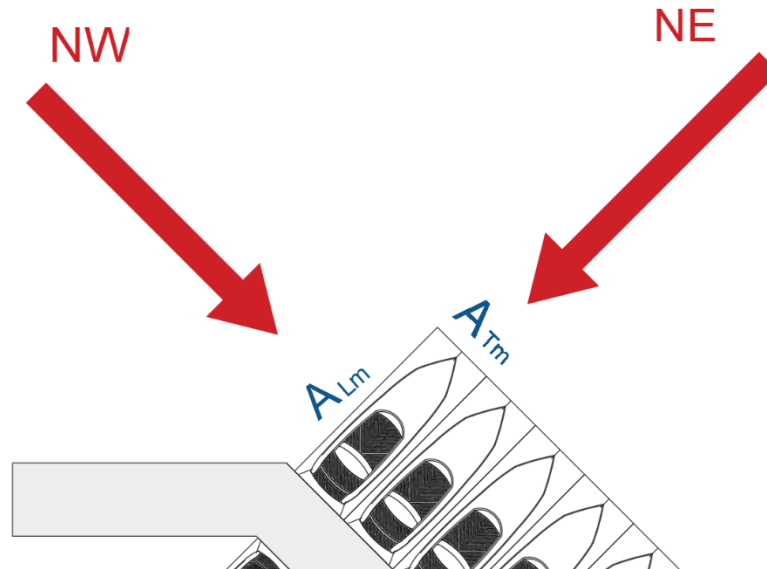
|                                  | Uzdužni smjer NE | Poprečni smjer NW |
|----------------------------------|------------------|-------------------|
| Jačina vjetra za PP=50 god. [Bf] | 9                | 8                 |
| Vz10m [m/s]                      | 22,0             | 20                |
| Vz10mMAH [m/s]                   | 35,7             | 33,6              |
| Vz0÷1m [m/s]                     | 15,2             | 13,8              |
| Vz1÷2m [m/s]                     | 17,2             | 15,7              |
| Vz2÷3m [m/s]                     | 18,4             | 16,8              |
| Vz3÷4m [m/s]                     | 19,3             | 17,5              |
| Vz4÷5m [m/s]                     | 19,9             | 18,1              |
| Vz5÷10m [m/s]                    | 22,0             | 20,0              |
| Vz10÷15m [m/s]                   | 23,2             | 21,1              |
| Vz15÷20m [m/s]                   | 24,1             | 21,9              |
| Vz20÷25m [m/s]                   | 24,7             | 22,5              |

Tablica 11. izračunata je pomoću izraza (17) sila kojom vjetar djeluje na plovilo IV. kategorije. Radi pojednostavljenja kao mjerodavnu vrijednost koristiti ćemo srednju vrijednost sila koje djeluju na motorne jahte i jedrilice.

Tablica 11. Djelovanje vjetra na IV. kategoriju vozila

|   |           | Uzdužni smjer NE | Poprečni smjer NW |
|---|-----------|------------------|-------------------|
| <b>Aerodinamični koeficijent C</b>                                    | m. jahta  | 0,85             | 1,0               |
|   | jedrilica | 0,5              | 1,0               |
| <b>Sila uslijed vjetra <math>F_{\text{VJETAR}}</math> [N/plovilo]</b> | m. jahta  | 988,9            | 3690,0            |
|   | jedrilica | 849,7            | 4287,4            |
| <b>Srednja vrijednost [N/plovilo]</b>                                 |           | 919,3            | 3988,7            |

Kod određivanja sile u smjeru NW uzima se da tramontana djeluje na uzdužnu površinu nadvođa  $A_{Lm}$  jer je ona okomita smjeru djelovanja vjetra. Za djelovanje bure u smjeru NE koristi se poprečna površina nadvođa plovila  $A_{Tm}$ . (Slika 46.)



Slika 46. Djelovanje vjetra na plovilo (Izrađeno u AutoCad-u)

Također, na isti način možemo odrediti djelovanje vjetra na III. kategoriju vozila (Tablica 12.).

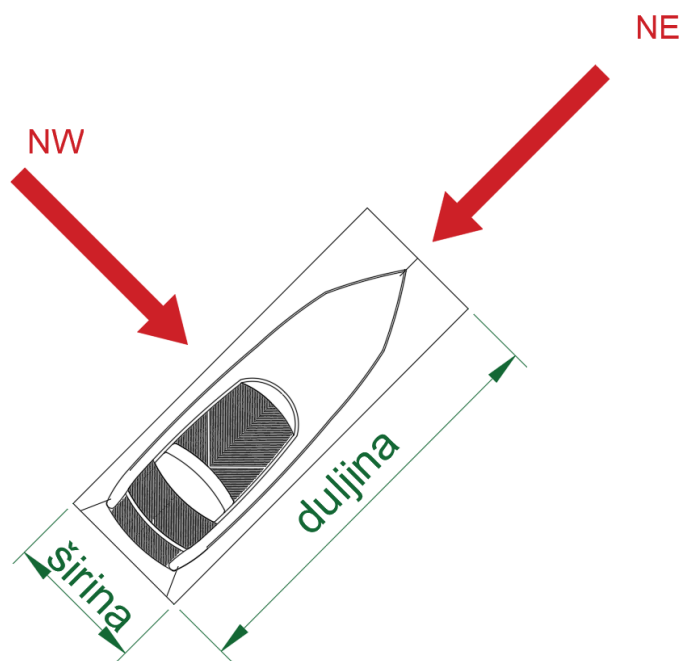
Tablica 12. Djelovanje vjetra na III. kategoriju vozila

|  |           | Uzdužni smjer NE | Poprečni smjer NW |
|--|-----------|------------------|-------------------|
| <b>Aerodinamični koeficijent C</b>                             | m. jahta  | 0,85             | 1,0               |
|  | jedrilica | 0,5              | 1,0               |
| <b>Sila uslijed vjetra <math>F_{VJETAR}</math> [N/plovilo]</b> | m. jahta  | 531,6            | 1902,2            |
|  | jedrilica | 582,3            | 2672,1            |
| <b>Srednja vrijednost [N/plovilo]</b>                          |           | 557,0            | 2287,2            |

### 7.1.2. Opterećenje od djelovanja valova na plovila

Kako bismo mogli dimenzionirati lukobran potrebno je odrediti utjecaj valova na njega, iako valovi imaju veći učinak na plovilo na otvorenom moru nego li na privezištu. Valovi stvaraju sile koje se mogu podijeliti u sile prvog i drugog reda. Iznos sile valova prvog reda proporcionalan je s visinom vala i njena frekvencija jednaka je valnoj frekvenciji. Srednje komponente gibanja usred djelovanja valova teže prema nuli, dok vršne ovise o visini i smjeru vala, krutosti sidrenog sustava i svojstvima uronjenog dijela plovila. Kako ne bismo izazvali veće reakcije sidrenih i priveznih lanaca i konopa potrebno je napraviti da privez plovila omogućuje slobodno osciliranje plovila uslijed sila valova.

Sile drugog reda koje uzrokuju zanošenje plovila „drift forces“ proporcionalne su s kvadratom amplitude vala što možemo vidjeti u izrazu (21) i (22). Formula (21) koristi se kada sila valova djeluje okomito na plovila, a formula (22) kada valovi djeluju uzduž plovila. (Slika 47.)



Slika 47. Djelovanje valova na plovilo (Izrađeno u AutoCad-u)

$$F_w = \frac{\rho \times g \times L \times H_s^2}{16} \quad (21)$$

gdje su:  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  – gravitacijsko ubrzanje

$\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$  – gustoća mora

$L$  – duljina plovila

$H_s$  – visina projektnog vala

$$F_w = \frac{\rho \times g \times \check{s} \times H_s^2}{16} \quad (22)$$

gdje je:  $\check{s}$  – širina plovila

Razmatramo opterećenje od vala maksimalne visine  $H_s=0,75 \text{ m}$ . Pri visini vala većoj od  $H_s=0,75 \text{ m}$  plovila s vanjske strane lukobrana moraju napustiti vez. U Tablici 13. možemo vidjeti dobivene vrijednosti sila od vala drugog reda. Sile vala drugog reda koje djeluju okomito na plovila veće su od sila koje djeluju uzduž plovila.

Tablica 13. Opterećenje od djelovanja valova na plovila

|   |        |        |
|---|--------|--------|
| Projektna visina vala $H_s^2$ [m]             | 0,56   |        |
| Gravitacijsko ubrzanje $g$ [ $\text{m/s}^2$ ] | 9,81   |        |
| Gustoća mora $\rho$ [ $\text{kg/m}^3$ ]       | 1025,0 |        |
| Kategorija plovila                            | III    | IV     |
| Duljina [m]                                   | 8,0    | 10,0   |
| Širina [m]                                    | 2,7    | 3,2    |
| Sila vala 2. reda poprijeko plovila [N]       | 2828,0 | 3535,0 |
| Sila vala 2. reda uzduž plovila [N]           | 950,9  | 1113,5 |

### 7.1.3. Ukupno opterećenje na valobran od plovila

Pomoću dobivenih opterećenja koja djeluju na plovila možemo odrediti opterećenja koja djeluju na valobran. Opterećenja ćemo prema Slici 45. podijeliti na ona koja djeluju uzduž valobrana u smjeru NW (Tablica 14.) i ona koja djeluju okomito na valobran u smjeru NE (Tablica 15.).

Tablica 14. Poprečno djelovanje vjetra na valobran

| Kategorija plovila   | III           | IV            |
|--|---------------|---------------|
| <b>Opterećenje svakog plovila od vjetra [N]</b>                    | 557,0         | 919,3         |
| <b>Opterećenje svakog plovila od valova [N]</b>                    | 950,9         | 1131,2        |
| <b>Ukupno poprečno opterećenje plovila <math>F_{pu}</math> [N]</b> | <b>1507,9</b> | <b>2050,5</b> |

Prilikom određivanja uzdužnog djelovanja na plovilo potrebno je uzeti u obzir zavjetrinu koju stvaraju plovila (Slika 44.).

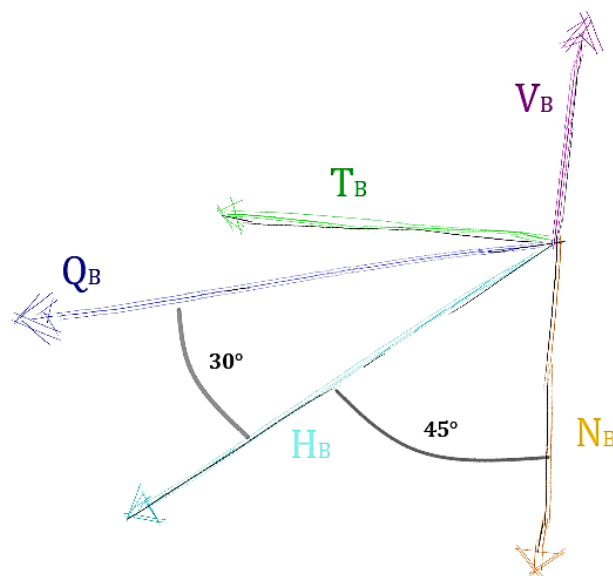
Tablica 15. Uzdužno djelovanje vjetra na valobran

| KATEGORIJA PLOVILA | OPTEREĆENJE U NIZU          | BROJ PLOVILA | SILA VJETRA NA PLOVILO | SILA VALOVA NA PLOVILO      | UKUPNA UZDUŽNA SILA |
|--------------------|-----------------------------|--------------|------------------------|-----------------------------|---------------------|
|                    |                             | [kom]        | [N]                    | [N]                         | [kN]                |
| III                | 100%                        | 2            | 2287,2                 | 2828,0                      | 10,23               |
|                    | 50%                         | 2            | 1143,6                 | 1414,0                      | 5,12                |
|                    | 30%                         | 26           | 686,1                  | 848,4                       | 39,90               |
|                    | <b><math>\Sigma=</math></b> | <b>30</b>    |                        | <b><math>\Sigma=</math></b> | <b><u>55,24</u></b> |
| IV                 | 100%                        | 2            | 3988,7                 | 3535,0                      | 15,05               |
|                    | 50%                         | 2            | 1994,4                 | 1767,5                      | 7,52                |
|                    | 30%                         | 24           | 1196,6                 | 1060,5                      | 54,17               |
|                    | <b><math>\Sigma=</math></b> | <b>28</b>    |                        | <b><math>\Sigma=</math></b> | <b><u>76,74</u></b> |



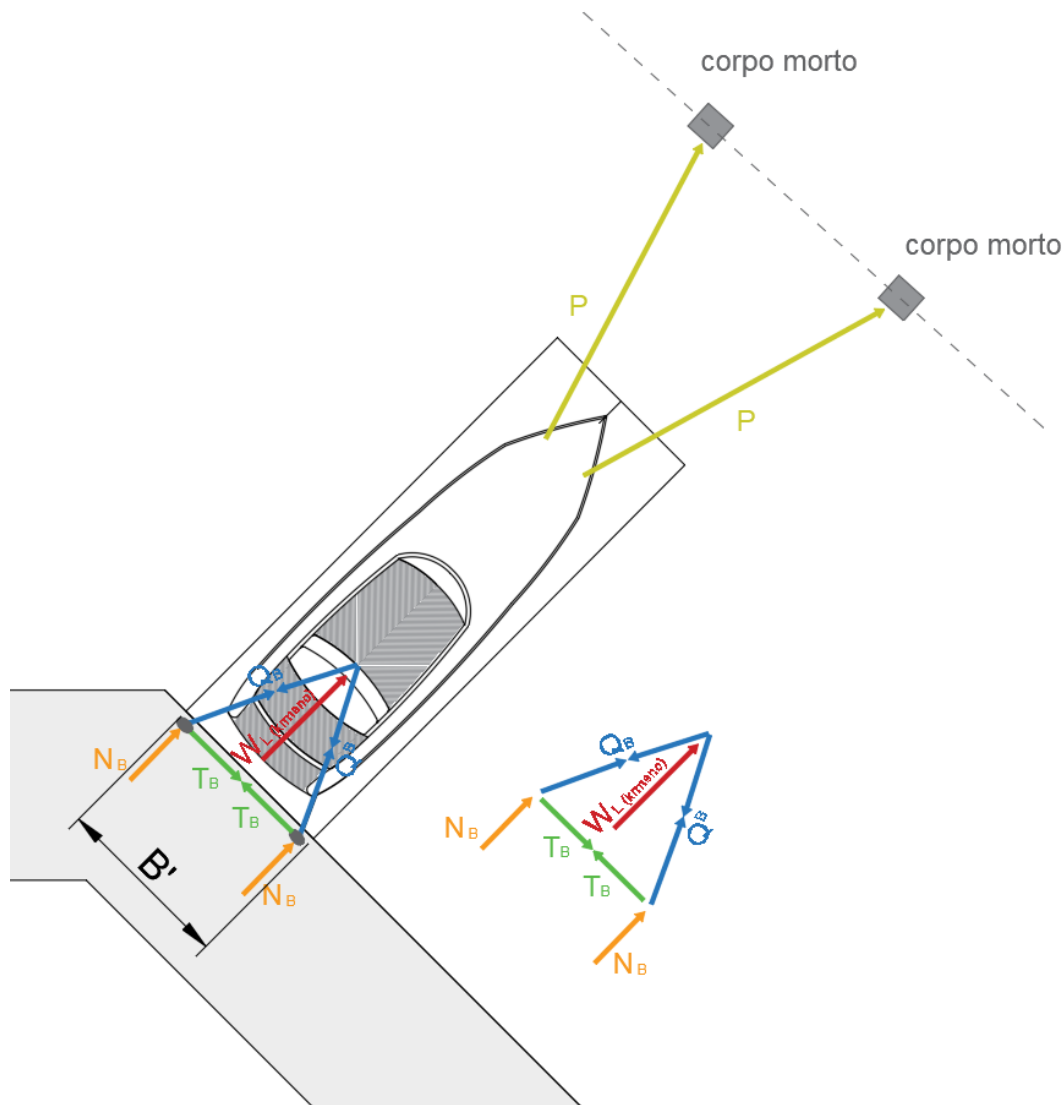
#### 7.1.4. Sila na bitvu i sila u konopcu

Prethodnim proračunom dobili smo ukupne sile koje djeluju na plovilo. Kao što je već ranije spomenuto plovilo je vezano četverovezom. Plovila su s valobranom povezana preko dva konopca koji su vezani na bitvu. Svako plovilo je povezano sa dva konopca sidrenim blokom koji se nalazi na morskome dnu. Idućim proračunima prema [7] odrediti ćemo kolika sila djeluje na bitvu i na konopac. Sila konopca  $Q_B$  u horizontalnoj ravnini je u odnosu na normalu lukobrana zaokrenuta za  $45^\circ$ , dok joj je vertikalni otklon  $30^\circ$  (Slika 48.).



Slika 48. Sile u konopcu koje djeluju na bitvu (Izrađeno u Allplan-u)

Prema slici 49. odrediti će se sile koje djeluje na bitvu prilikom opterećenja od vjetra i valova uzdužno na plovilo  $W_{L(krmeno)}$ .



Slika 49. Sile na plovilu pri opterećenju okomitom na lukobran (Izrađeno u AutoCad-u)

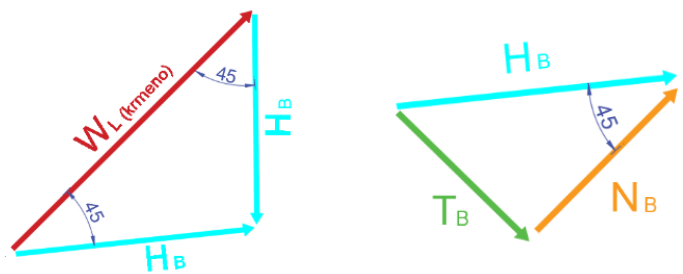
Projekciju sile  $Q_B$  koje djeluje na bitvu na  $xy$  ravninu označavamo sa  $H_B$  i rastavljamo je na horizontalnu  $N_B$  i vertikalnu  $T_B$  komponentu. Svako plovilo povezano je sa lukobranom preko dvije bitve pa je formula za uzdužnu komponentu:

$$N_B = \frac{W_{L_{krmeno}}}{2} \quad (23)$$

Poznavajući horizontalnu komponentu i kuteve  $\alpha=45^\circ$  i  $\beta=30^\circ$  možemo odrediti silu  $Q_B$ :

$$Q_B = \frac{N_B}{\sin \alpha \times \cos \beta} \quad (24)$$

Silu  $H_B$  (25) koja je horizontalna projekcija sile  $Q_B$  i silu  $T_B$  (26) koja je vertikalna komponenta sile  $H_B$  dobivamo pomoću odnosa sila iz Slike 50.



Slika 50. Odnosi sila pri opterećenju okomitom na lukobran (Izrađeno u AutoCad-u)

$$H_B = Q_B \times \cos \beta \quad (25)$$

$$T_B = H_B \times \cos \alpha \quad (26)$$

Izraz (27) za silu  $V_B$  možemo dobiti trigonometriju iz Slike 48.

$$V_B = Q_B \times \sin \beta \quad (27)$$

U Tablici 16. prikazane su dobivene sile koje nastaju pri djelovanju opterećenja krmeno na III. kategoriju plovila.

Tablica 16. Sile na plovilu kat. III pri opterećenju okomitom na lukobran

|          |        |     |
|----------|--------|-----|
| $\alpha$ | 45     | deg |
| $\beta$  | 30     | deg |
| WL       | 1507,9 | N   |
| NB       | 753,9  | N   |
| QB       | 1082,7 | N   |
| HB       | 1066,2 | N   |
| TB       | 753,9  | N   |
| VB       | 188    | N   |

Na isti način dobivaju se sile za IV. kategoriju plovila (Tablica 17.).

Tablica 17. Sile na plovilu kat. IV pri opterećenju okomitom na lukobran

|          |        |     |
|----------|--------|-----|
| $\alpha$ | 45     | deg |
| $\beta$  | 30     | deg |
| WL       | 2050,5 | N   |
| NB       | 1025,2 | N   |
| QB       | 1472,3 | N   |
| HB       | 1449,9 | N   |
| TB       | 1025,2 | N   |
| VB       | 255,7  | N   |

Poprečna sila po m' obale određuje se prema izrazu (28), uzdužna sila po m' obale dobiva se iz formule (29) i vertikalna sila po m' računa se prema izrazu (30).

$$n = \frac{2 \times N_B}{B'} \quad (28)$$

$$t = \frac{T_B - T_B}{B'} \quad (29)$$

$$v = \frac{V_B}{B'} \quad (30)$$

U Tablici 18. prikazane su sile po m' obale uslijed krmenog opterećenja na III kategoriju vozila, dok se u Tablici 19. nalaze sile po m' obale za IV. kategoriju vozila.

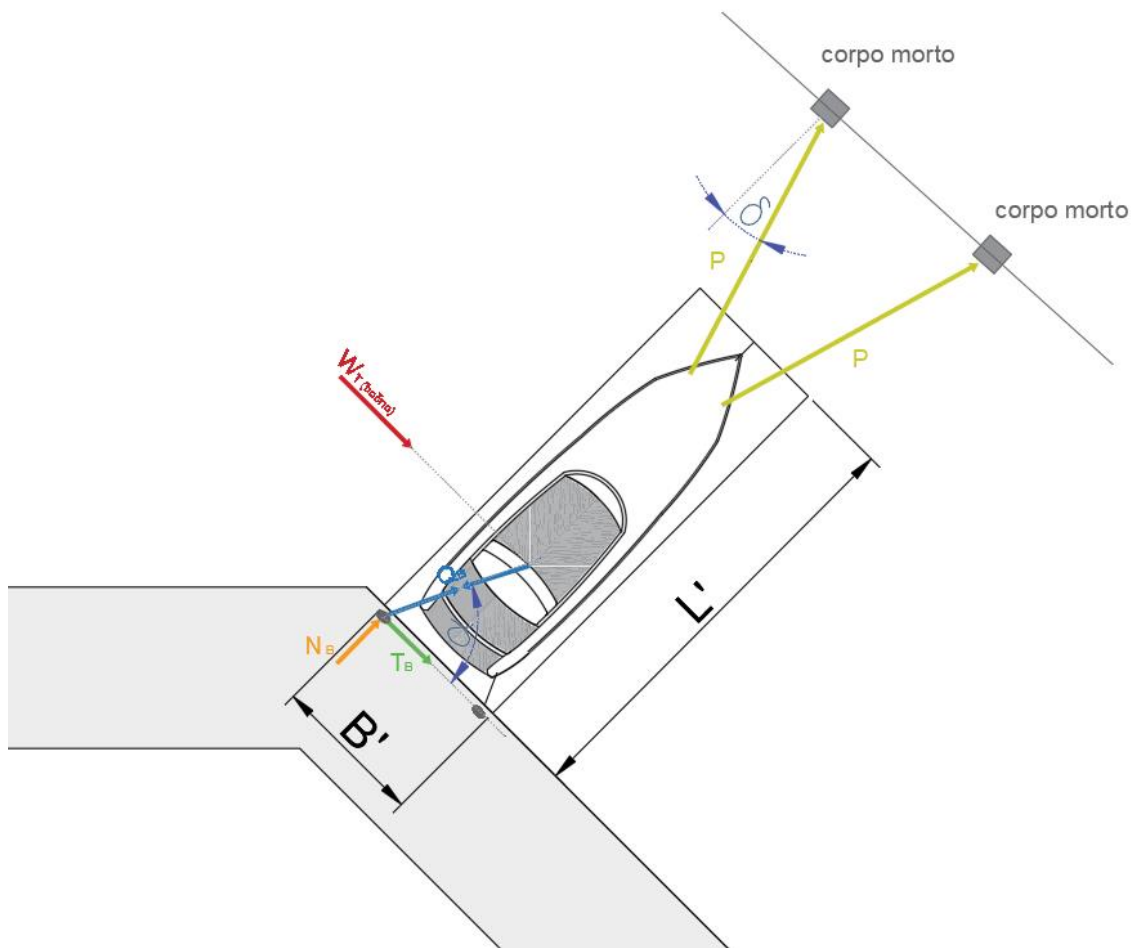
*Tablica 18. Sile po m' za III. kategoriju plovila za krmeno opterećenje*

|    |       |     |
|----|-------|-----|
| B' | 2,8   | m   |
| n  | 538,5 | N/m |
| t  | 0,0   | N/m |
| v  | 67,1  | N/m |

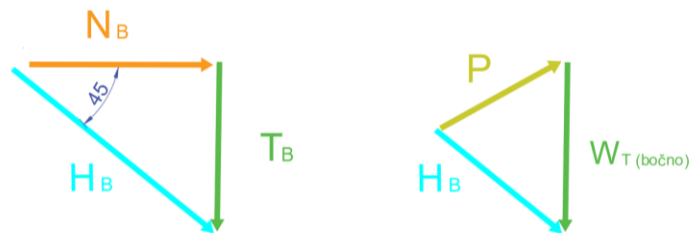
*Tablica 19. Sile po m' za IV. kategoriju plovila za krmeno opterećenje*

|    |       |     |
|----|-------|-----|
| B' | 3,3   | m   |
| n  | 621,4 | N/m |
| t  | 0,0   | N/m |
| v  | 77,5  | N/m |

Nakon što je određeno opterećenje i sve njegove komponente za krmena djelovanja na plovilo potrebno je prema Slikama 51. i 52. odrediti sve komponente bočnog opterećenja. Kao mjerodavno bočno opterećenje koje djeluje na plovilo  $W_{T(\text{bočno})}$  uzimamo maksimalnu vrijednost djelovanja opterećenja tj. kada vjetar i valovi djeluju na prvo plovilo u nizu.



Slika 51. Sile na plovilu pri opterećenju uzduž lukobrana (Izrađeno u AutoCad-u)



Slika 52. Odnosi sila pri opterećenju uzduž lukobrana (Izrađeno u AutoCad-u)

Horizontalnu projekciju sile  $Q_B$  koju označavamo sa  $H_B$  i dobivamo iz izraza (31). Kut  $\delta$  koji pripada sili P iznosi  $15^\circ$ .

$$H_B = \frac{W_{T(\text{bočno})}}{\sin \alpha \times \tan \delta + \cos \alpha} \quad (31)$$

Pomoću poznate sile  $H_B$  možemo dobiti njenu horizontalnu  $N_B$  (32) i vertikalnu komponentu  $T_B$  (33) te silu koja djeluje na bitvu  $Q_B$  (34), na temelju koje dobivamo silu  $V_B$  (35).

$$N_B = H_B \times \sin \alpha \quad (32)$$

$$T_B = H_B \times \cos \alpha \quad (33)$$

$$Q_B = \frac{H_B}{\cos \beta} \quad (34)$$

$$V_B = Q_B \times \sin \beta \quad (35)$$

Poprečnu sila po m' obale određujemo prema izrazu (36), uzdužna sila po m' obale dobiva se iz formule (37) dok se vertikalna sila po m' računa se prema prethodno spomenutom izrazu (30).

$$n = \frac{N_B}{B'} \quad (36)$$

$$t = \frac{T_B}{B'} \quad (37)$$

Sile koje nastaju pri djelovanju opterećenja bočno na III. kategoriju plovila prikazane su u Tablici 20. a sile uslijed bočnog opterećenja na IV. kategoriju plovila nalaze se u Tablici 21.

*Tablica 20. Sile po m' za III. kategoriju plovila za bočno opterećenje*

|          |        |     |
|----------|--------|-----|
| $\alpha$ | 45     | deg |
| $\delta$ | 15     | deg |
| $\beta$  | 30     | deg |
| WB       | 1200   | N   |
| NB       | 1123,4 | N   |
| QB       | 3024,2 | N   |
| HB       | 1588,7 | N   |
| TB       | 1123,4 | N   |
| VB       | 525,1  | N   |

*Tablica 21. Sile po m' za IV. kategoriju plovila za bočno opterećenje*

|          |        |     |
|----------|--------|-----|
| $\alpha$ | 45     | deg |
| $\delta$ | 15     | deg |
| $\beta$  | 30     | deg |
| WB       | 1960   | N   |
| NB       | 1841,8 | N   |
| QB       | 4958,4 | N   |
| HB       | 2604,8 | N   |
| TB       | 1841,8 | N   |
| VB       | 861,0  | N   |



U Tablici 22. prikazane su sile po m' obale za bočno opterećenje na III kategoriju vozila, dok se u Tablici 23. nalaze sile po m' obale za IV. kategoriju vozila.

*Tablica 22. Sile po m' za III. kategoriju plovila za bočno opterećenje*

|    |       |     |
|----|-------|-----|
| B' | 2,8   | m   |
| n  | 401,2 | N/m |
| t  | 402,2 | N/m |
| v  | 187,6 | N/m |

*Tablica 23. Sile po m' za IV. kategoriju plovila za bočno opterećenje*

|    |       |     |
|----|-------|-----|
| B' | 3,3   | m   |
| n  | 558,1 | N/m |
| t  | 558,1 | N/m |
| v  | 260,9 | N/m |

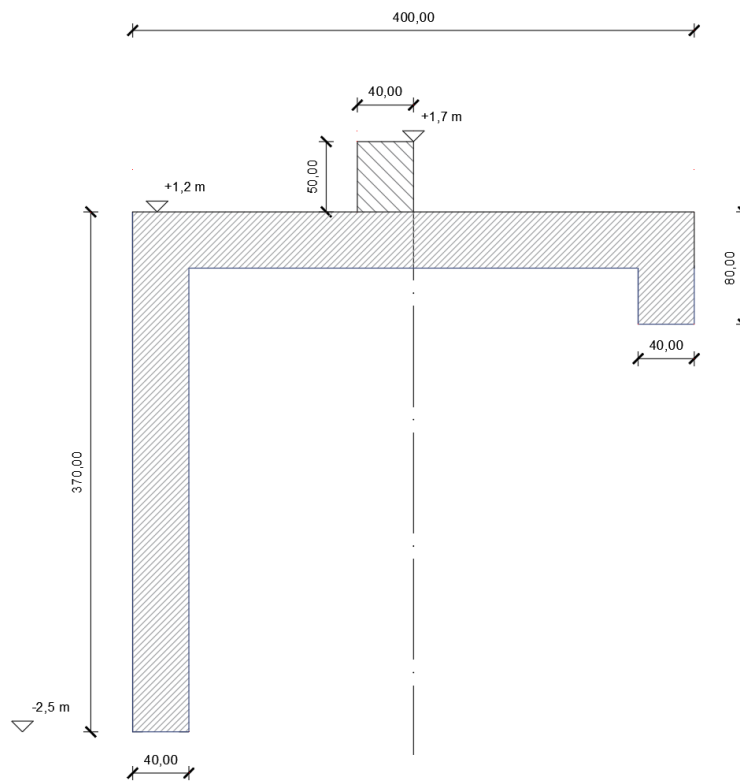
## 7.2. Proračun djelovanja valova na valobrani ekran

Opterećenja od djelovanja valova na lukobran određena su prema metodi Goda i Saintflou metodi. Metoda kojom dobivamo veće vrijednosti pritisaka i sila koje djeluju na valobran biti će mjerodavna u daljnjoj statičkoj analizi.

Stabilnost konstrukcije valobranog ekrana projektira se za povratno razdoblje od 100 godina, dok je njegovu funkcionalnost potrebno projektirati za povratni period od 5 godina. U ovome radu biti će proveden samo proračun stabilnosti konstrukcije te ćemo sukladno tome visinu mjerodavnog vala dobiti iz izraza (38).

$$H_{1/100} = H_{PV} = 1,8 \times H_s = 1,8 \times H_{1/3} \quad (38)$$

Visina trećinskog vala  $H_{1/3}$  određena je u prijašnjim poglavima i njena vrijednost iznosi 0,75 m. Stoga, visina mjerodavnog ili projektnog vala s kojim ulazimo u proračun poprima vrijednost od 1,35 m. Dimenzije valobranog ekrana prikazane su na Slici 53.

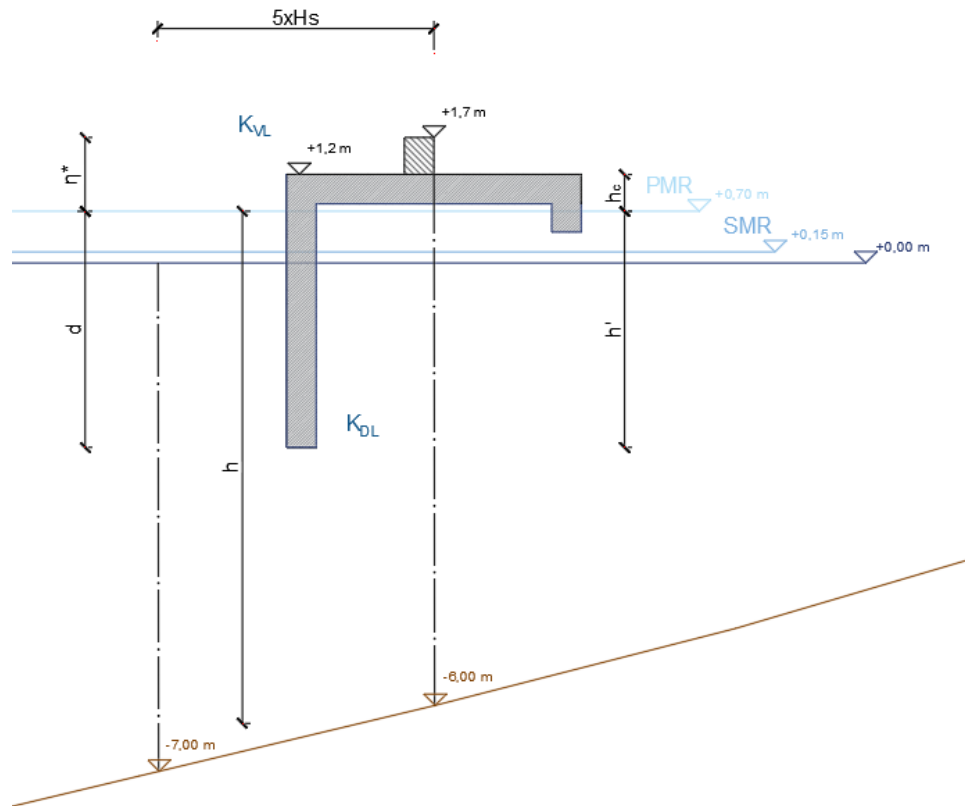


Slika 53. Dimenzije valobranog ekrana (Izrađeno u AutoCad-u)

### 7.2.1. Metoda Goda

Metoda Goda uzima utjecaj maksimalnog vala  $H_{1/100}$  na valobran. Pritisci koje dobivamo metodom Goda u linearni, a formule koje koristimo u proračunu mogu se naći u [8].

Geometrijski podatci potrebni za proračun prikazani su na Slici 54, a njihove vrijednosti nalaze se u Tablici 24.



Slika 54. Geometrijski podatci valobrana (Izrađeno u AutoCad-u)

Valovi dolaze okomito na valobran pa reducirani kut nailaska vala na normalnu lukobrana  $\beta$  iznosi  $0^\circ$ . Vrijednost specifične težine mora  $\gamma_M$  koje uzimamo u proračun iznosi  $10,25 \text{ kN/m}^3$ .

Pritisak vala djeluje do visine  $\eta^*$  koja se dobiva pomoću izraza (39).

$$\eta^* = 0,75 \times (1 + \cos \beta) \times H_{1/100} \quad (39)$$

Tablica 24. Vrijednosti geometrijskih podataka valobrana

|   |                     |      |
|---|---------------------|------|
| širina lukobrana                                | B [m]               | 0,4  |
| kota zaštitnog sloja s vanjske strane lukobrana | Kzs [m]             | -6,0 |
| kota dna lukobrana                              | K <sub>DL</sub> [m] | -2,5 |
| kota vrha lukobrana                             | K <sub>VL</sub> [m] | 1,2  |
| kota dna mora ispred lukobrana                  | K <sub>h</sub> [m]  | -6,0 |
| kota dna mora na udaljenosti 5H <sub>1/3</sub>  | K <sub>hb</sub> [m] | -7,0 |
| projektna razina mora                           | PMR [m]             | 0,7  |
| dubina mora do zaštitnog sloja                  | d [m]               | 6,7  |
| udaljenost između PRM i dna lukobrana           | h' [m]              | 3,2  |
| visina lukobrana iznad PRM                      | h <sub>c</sub> [m]  | 0,5  |
| dubina mora ispred lukobrana                    | h [m]               | 6,7  |
| Dubina mora na udaljenosti 5H <sub>1/3</sub>    | h <sub>b</sub> [m]  | 7,7  |
| elevacija MR                                    | η* [m]              | 2,03 |

Parametri vala na predmetnoj lokaciji prikazani su u Tablici 25. Duljina dubokovodnog vala  $L_0$  dobivena je pomoću izraza (40).

$$L_0 = \frac{g \times T^2}{2\pi} \quad (40)$$

Tablica 25. Vrijednosti parametara vala na predmetnoj lokaciji

|                           |                        |      |
|---------------------------|------------------------|------|
| visina trećinskog vala    | H <sub>1/3</sub> [m]   | 0,75 |
| period trećinskog vala    | T <sub>1/3</sub> [s]   | 2,3  |
| visina mjerodavnog vala   | H <sub>1/100</sub> [m] | 1,35 |
| duljina dubokovodnog vala | L <sub>0</sub> [m]     | 8,26 |

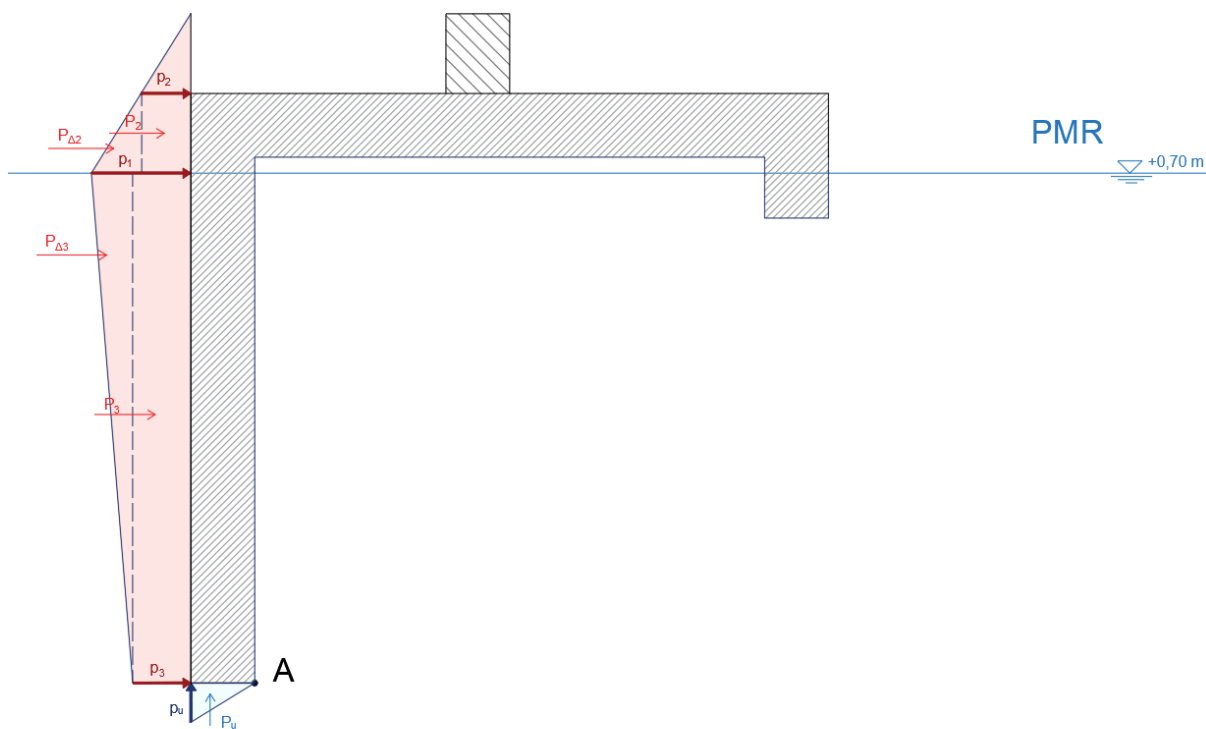
Na Slici 55. možemo vidjeti linearnu raspodjelu pritiska koji djeluju na valobran. Horizontalni pritisci  $p_1$  (41),  $p_2$  (42) i  $p_3$  (43) nalaze se na prednjoj strani vertikalnog zida dok uzgon  $p_u$  (44) predstavlja vertikalni pritisak koji ima uzdižući učinak. Jednadžbe kojima dobivamo vrijednosti pritiska navedene su u nastavku:

$$p_1 = 0,5 \times (1 + \cos \beta) \times (\alpha_1 + \alpha_* \cos^2 \beta) \times \gamma \times H_{PV} \quad (41)$$

$$p_2 = \begin{cases} \left(1 - \frac{h_c}{\eta^*}\right) \times p_1 & \text{za } \eta^* > h_c \\ 0 & \text{za } \eta^* \leq h_c \end{cases} \quad (42)$$

$$p_3 = \alpha_1 \times p_1 \quad (43)$$

$$p_u = 0,5 \times (1 + \cos \beta) \times \alpha_1 \times \alpha_3 \times \gamma \times H_{PV} \quad (44)$$



Slika 55. Pritisci koji djeluju na valobran (Izrađeno u AutoCad-u)

Iz izraza za pritiske koji djeluju na valobrani ekran možemo vidjeti da oni ovise o faktorima koji određuju utjecaj vala na raspodjelu pritisaka  $\alpha_1$  (45), porast valnog pritiska zbog plitkog nasipa  $\alpha^*$  (46) i linearnu raspodjelu pritisaka  $\alpha_3$  (47).

Utjecaj perioda vala na raspodjelu pritisaka  $\alpha_1$  može iznositi od 0,6 za duboku vodu do 1,1 za plitku vodu.

$$\alpha_1 = 0,6 + 0,5 \left( \frac{2kh_s}{\sinh 2kh_s} \right)^2 \quad (45)$$

$$\alpha_* = \alpha_2 = \min \frac{h_b - d}{3h_b} \left( \frac{H_{PV}}{d} \right)^2 \text{ ili } \frac{2d}{H_{PV}} \quad (46)$$

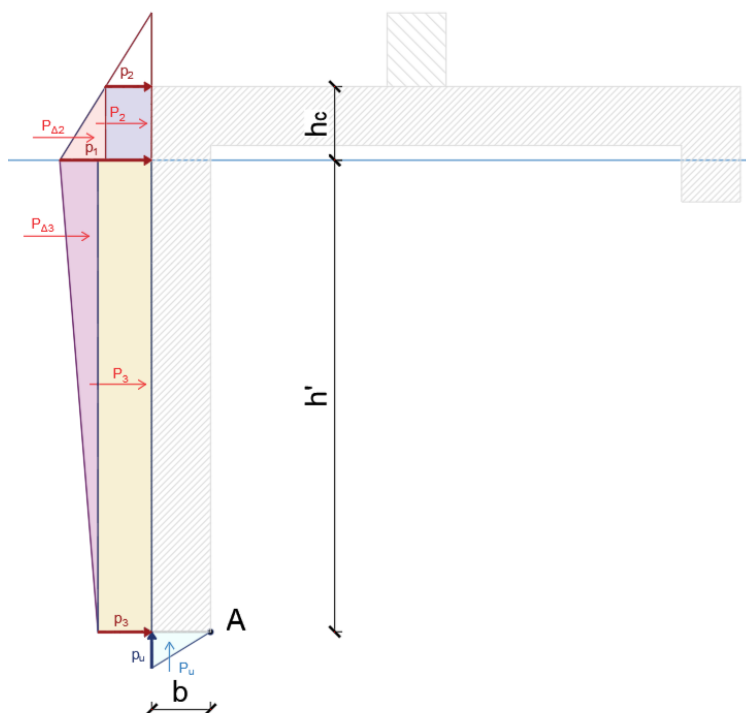
$$\alpha_3 = 1 - \frac{h_w - h_c}{h_s} \left( 1 - \frac{1}{\cosh kh_s} \right) \quad (47)$$

Vrijednosti pritisaka koji djeluju na konstrukciju lukobrana kao i vrijednosti faktora  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  i  $\alpha_3$  nalaze se u Tablici 26.

*Tablica 26. vrijednosti pritisaka koji djeluju na valobrani ekran*

|  |                            |       |
|--|----------------------------|-------|
| max pritisak u visini PMR              | $p_1$ [kN/m <sup>2</sup> ] | 8,33  |
| pritisak u razini vrha krune lukobrana | $p_2$ [kN/m <sup>2</sup> ] | 6,24  |
| pritisak na stopi lukobrana            | $p_3$ [kN/m <sup>2</sup> ] | 4,40  |
| pritisak uzgona                        | $p_u$ [kN/m <sup>2</sup> ] | 4,39  |
| koeficijenti                           | $\alpha_1$                 | 0,600 |
|  | $\alpha_2$                 | 0,002 |
|  | $\alpha_3$                 | 0,529 |

Sile koje djeluju na valobrani ekran uslijed djelovanja valova određujemo pomoću površina dijagrama pritisaka na Slici 56.



Slika 56. Određivanje sila koje djeluju na valobran (Izrađeno u AutoCad-u)

Konačno, moguće je odrediti koliko iznosi moment oko točke A koje rade sile uslijed djelovanja valova. Iznosi momenta prevrtanja koji stvara svaka sila i ukupni moment prevrtanja prikazan je u Tablici 27.

Tablica 27. Vrijednost momenta prevrtanja oko točke A

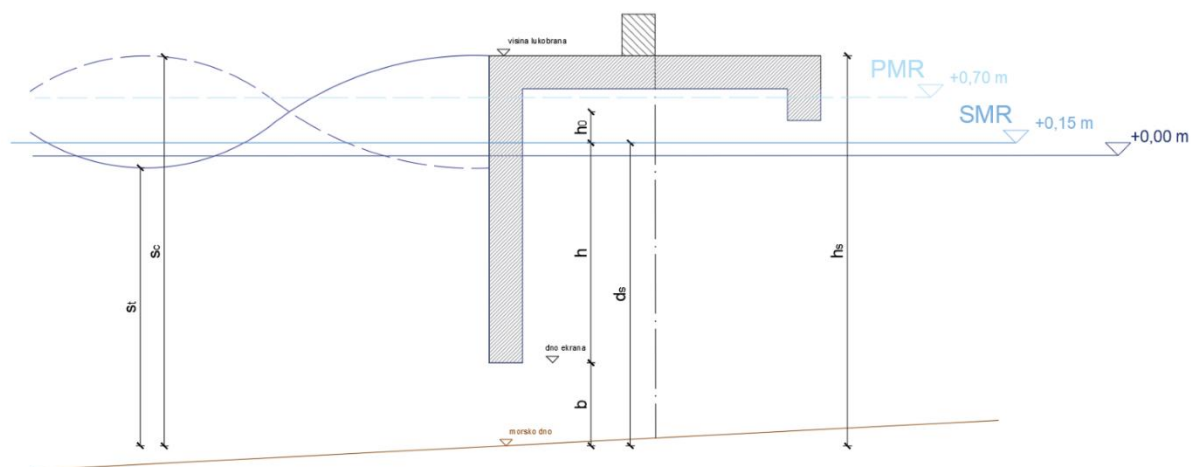
| SILE                                   | INTENZITET [kN/m'] | KRAK OKO TOČKE A [m] | MOMENT [kNm/m'] |
|--|--------------------|----------------------|-----------------|
| sila $P_2$                             | 3,16               | 3,45                 | 10,90           |
| sila $P_{\Delta 2}$                    | 0,53               | 3,36                 | 1,78            |
| sila $P_3$                             | 14,06              | 1,60                 | 22,45           |
| sila $P_{\Delta 3}$                    | 6,26               | 2,13                 | 13,34           |
| sila $P_u$                             | 0,88               | 0,27                 | 0,23            |
| $\Sigma$ horizontalnih sila $\Sigma H$ | 24,02              | 10,53                | 48,46           |
| $\Sigma$ vertikalnih sila $\Sigma V$   | 0,88               | 0,27                 | 0,23            |
| $\Sigma$ momenata $\Sigma M$           | -                  | -                    | <b>48,70</b>    |



### 7.2.2. Metoda Sainflou

Metodu Sainflou koristimo kao drugu varijantu određivanja opterećenja koje uzrokuju valovi na vertikalnu lukobran prema literaturi [9]. Distribucija pritisaka ispod razine mora je linearna kao i kod metode Goda, te se također valobran dimensionira na maksimalan val. Metoda Sainflou ne može se koristiti za valove kod kojih dolazi do loma.

Potrebni ulazni podatci za metodu Sainflou prikazani su na Slici 57. a njihove vrijednosti dane su u Tablici 28.



Slika 57. Geometrijski podatci valobrana za metodu Sainflou (Izrađeno u AutoCad-u)

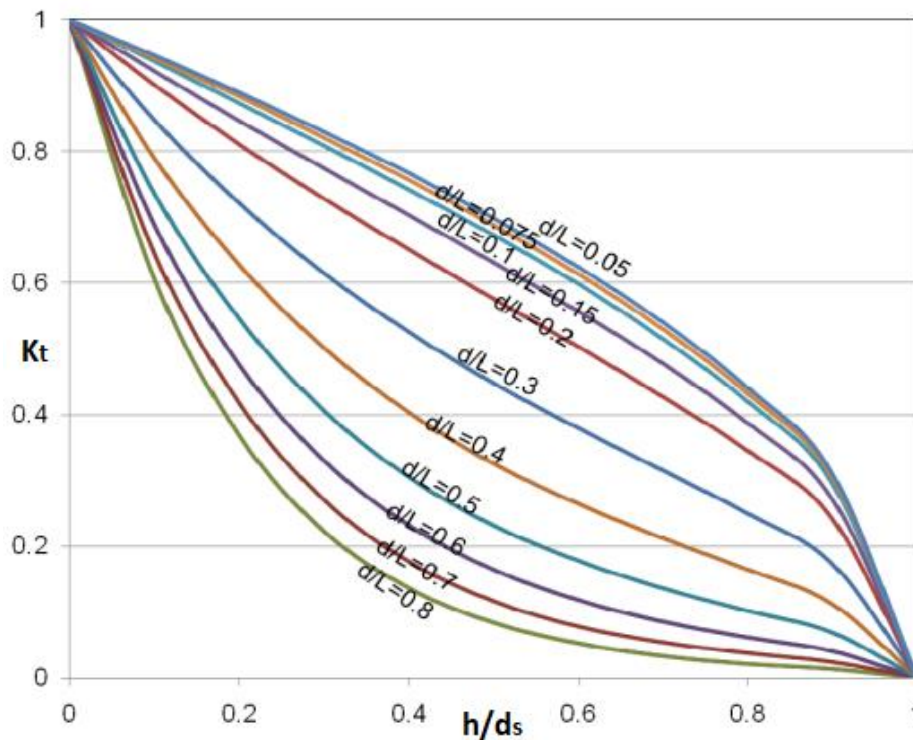
Tablica 28. Vrijednosti ulaznih podataka za metodu Sainflou

|   |      |   |
|---|------|---|
| visina od vrha lukobrana do morskog dna <b>Hs</b>         | 7,2  | m |
| visina od dna valobrana do morskog dna <b>b</b>           | 3,5  | m |
| visina projektnog vala <b>Hpv</b>                         | 1,35 | m |
| dužina vala <b>L</b>                                      | 8,26 | m |
| dubina dna do PMR, <b>ds</b>                              | 6,7  | m |
| visina uronjenog dijela ekrana valobrana do PMR, <b>h</b> | 3,2  | m |
| kota PMR  | 0,7  | m |
| kota vrha lukobrana <b>Kl</b>                             | 1,2  | m |

Podizanje srednjeg nivoa mora  $h_0$  određuje se prema izrazu (48) i on iznosi 0,7 m.

$$h_0 = \frac{(\pi \times H_P V^2)}{L} \quad (48)$$

Kako bismo dobili postotak energije koja prolazi kroz valobran potrebno je očitati koeficijent transmisije  $K_t$  iz Wigelovog dijagrama (Slika 58.).



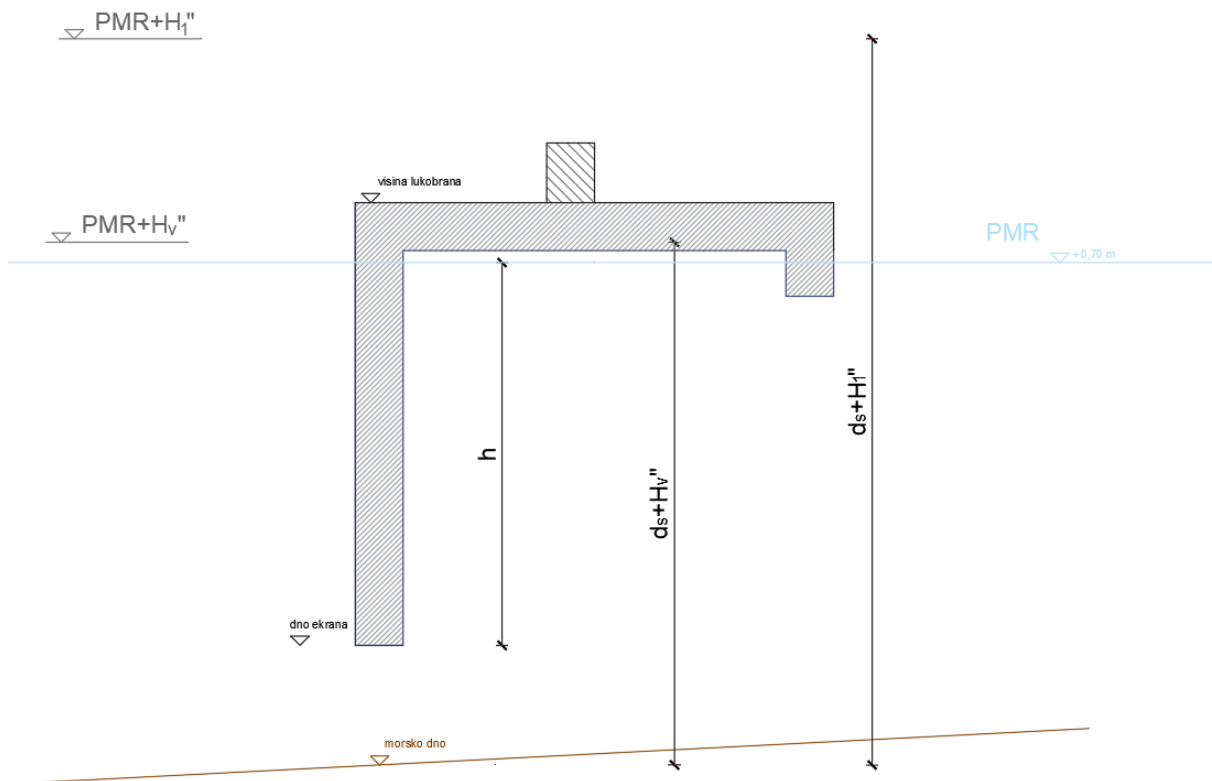
Slika 58. Wigelov dijagram [10]

Za očitavanje koeficijenta transmisije  $K_t$  potrebno je odrediti sljedeće odnose:

$$\frac{h}{d_s} = 0,48$$

$$\frac{d_s}{L} = 0,81$$

Koeficijent transmisije očitano iz Vigelovog dijagrama  $K_t$  iznosi 0,08 , što znači da 8% energije prolazi kroz valobran. Dobivenim koeficijentom transmisije možemo odrediti visinu s vanjske i unutrašnje strane valobrana. (Slika 59.)



Slika 59. Promjene visina s vanjske i unutarnje strane valobrana (Izrađeno u AutoCad-u)

Vanjska strana valobrana:

Srednji nivo sa vanjske strane valobrana povisuje se za 92% :

$$h_0' = 92\% \times h_0 \quad (49)$$

$$h_0' = 0,64 \text{ m}$$

Reducirana visina stojnog vala za vanjsku stranu valobrana:

$$H' = H_{PV} \times (1 + 92\%) \quad (50)$$

$$H' = 2,59m$$

Podizanje od srednje visine mora sa vanjske strane valobrana:

$$H_1' = h_0' \times 0,5 H' \quad (51)$$

$$H_1' = 1,93 m$$

Unutarnja strana valobrana:

Srednji nivo sa unutarnje strane valobrana povisuje se za 8% :

$$h'' = 8\% \times h_0' \quad (52)$$

$$h'' = 0,05 m$$

Reducirana visina stojnog vala za unutarnju stranu valobrana:

$$H'' = H_{PV} \times 8\% \quad (53)$$

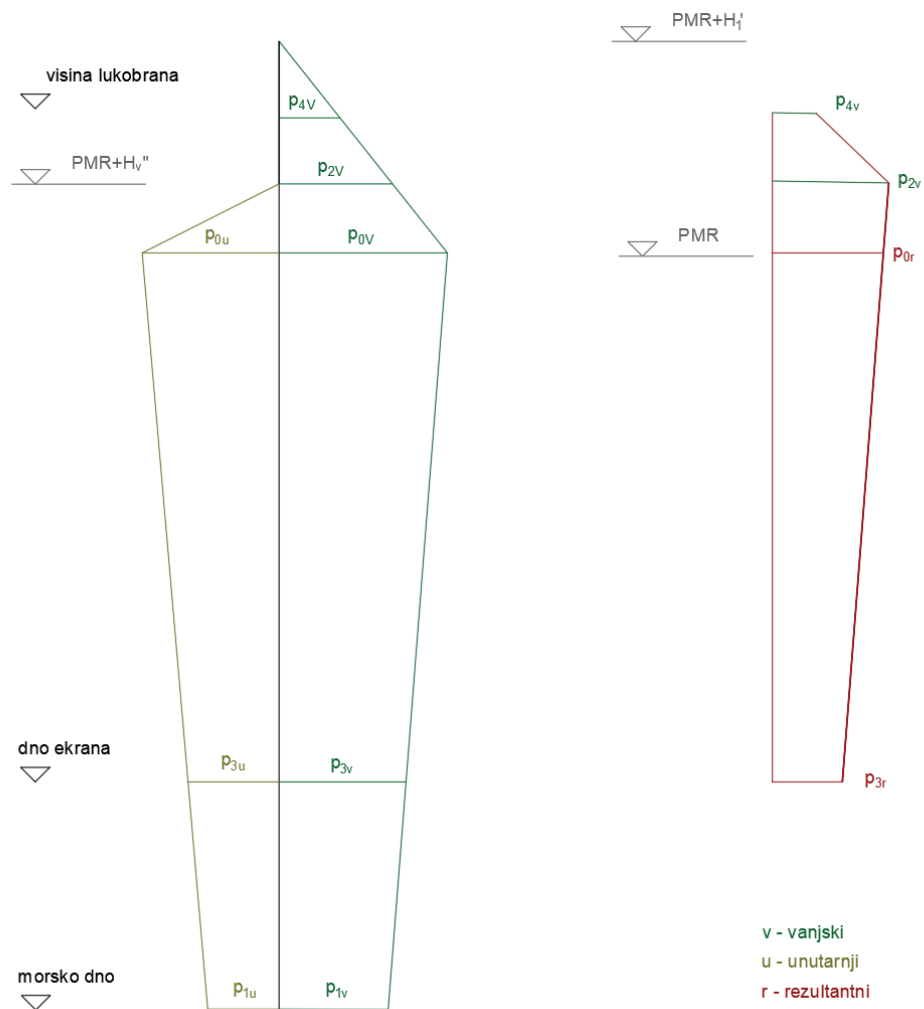
$$H'' = 0,11 m$$

Podizanje od srednje visine mora sa unutarnje strane valobrana:

$$H_V'' = h'' \times 0,5 H'' \quad (54)$$

$$H_V'' = 0,11 m$$

Pomoću dobivenih visina s vanjske i unutarnje strane možemo odrediti vanske i unutarnje pritiske. Isti su prikazani na Slici 60. te se računaju pomoću izraza (55) – (64).



Slika 60. Pritisci valova na valobran prema metodi Sainflou (Izrađeno u AutoCad-u)

Vanjski pritisci:

$$p_1^V = \frac{\frac{H'}{2} \times 10,25}{\cosh\left(2\pi \times \frac{d_s}{L}\right)} \quad (55)$$

$$p_0^V = \frac{H_1' \times (d_s \times 10,25 + p_1^V)}{d_s + H_1'} \quad (56)$$

$$p_2^V = \frac{(H_1' - H_V'') \times (d_s \times 10,25 + p_1^V)}{d_s + H_1'} \quad (57)$$

$$p_3^V = \frac{(H_1' + h) \times (d_s \times 10,25 + p_1^V)}{d_s + H_1'} \quad (58)$$

$$p_4^V = \frac{(PMR + H_1' - K_L) \times (d_s \times 10,25 + p_1^V)}{d_s + H_1'} \quad (59)$$

Unutarnji pritisci:

$$p_1^u = \frac{\frac{H''}{2} \times 10,25}{\cosh\left(2\pi \times \frac{d_s}{L}\right)} \quad (60)$$

$$p_0^u = \frac{H_V'' \times (d_s \times 10,25 + p_1^u)}{d_s + H_1'} \quad (61)$$

$$p_3^u = \frac{(H_V'' + h) \times (d_s \times 10,25 + p_1^u)}{d_s + H_V''} \quad (62)$$

Rezultantni pritisci:

$$p_0^r = p_0^V - p_0^u \quad (63)$$

$$p_3^r = p_3^V - p_3^u \quad (64)$$

Iznosi navedenih pritisaka prikazani su u Tablici 29.

Tablica 29. Vrijednosti pritisaka valova na valobran prema metodi Sainflou

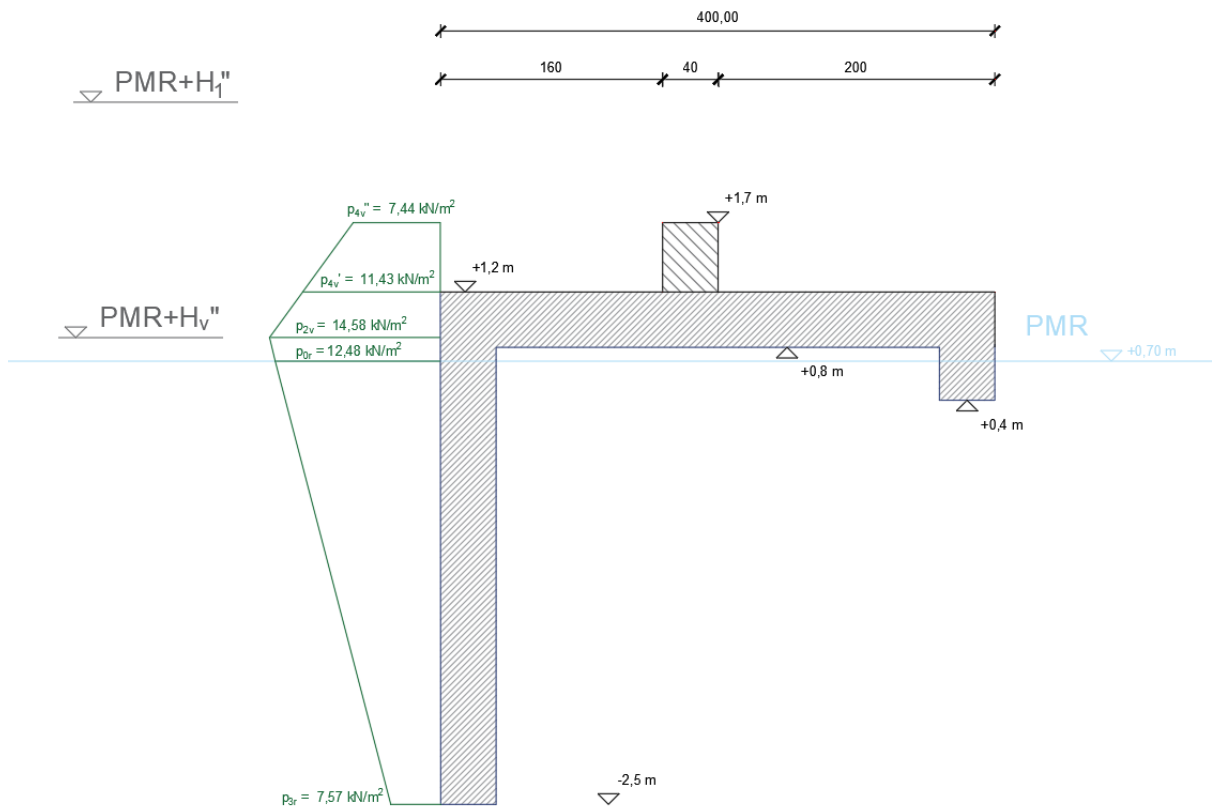
| vanjski pritisci     |       |                   |
|----------------------|-------|-------------------|
| $p_{1v}$             | 0,01  | kN/m <sup>2</sup> |
| $p_{0v}$             | 15,42 | kN/m <sup>2</sup> |
| $p_{2v}$             | 14,58 | kN/m <sup>2</sup> |
| $p_{3v}$             | 40,93 | kN/m <sup>2</sup> |
| $p_{4v}$             | 11,43 | kN/m <sup>2</sup> |
| unutarnji pritisci   |       |                   |
| $p_{1u}$             | 0,01  | kN/m <sup>2</sup> |
| $p_{0u}$             | 1,06  | kN/m <sup>2</sup> |
| $p_{3u}$             | 33,36 | kN/m <sup>2</sup> |
| rezultantni pritisci |       |                   |
| $p_{0r}$             | 14,36 | kN/m <sup>2</sup> |
| $p_{3r}$             | 7,57  | kN/m <sup>2</sup> |

Pomoću dobivenih pritisaka na valobran može se izračunati rezultantna sila  $P_w$  (65).

$$P_w = (0,5 \times p_2^V + p_4^V) \times (K_L - (PMR + H_V'')) + (0,5 \times (p_2^V + p_0^r) \times H_V'') + (0,5 \times (p_3^r + p_0^r) \times h) \quad (65)$$

$$P_w = 44,0 \text{ kN/m'}$$

Metoda Sainflou usvojena je kao mjerodavna te će se kao takva koristiti u daljnjem proračunu jer pomoću nje dobivamo veće pritiske na vanjsku stranu valobrana nego metodom Goda. (Slika 61.)



Slika 61. Dijagram pritiska valova na vanjsku stranu valobranog zida (Izrađeno u AutoCad-u)

Na valobrani ekran djeluju i valovi s unutarnjeg dijela luke no oni nisu mjerodavni kod određivanja nosivosti i stabilnosti lukobrana. Kako bismo bili na strani sigurnosti potrebno je usvojiti da s unutarnje strane akvatorija mogu djelovati valovi koji imaju vrijednost 60% vrijednosti pritiska vanjskih valova.

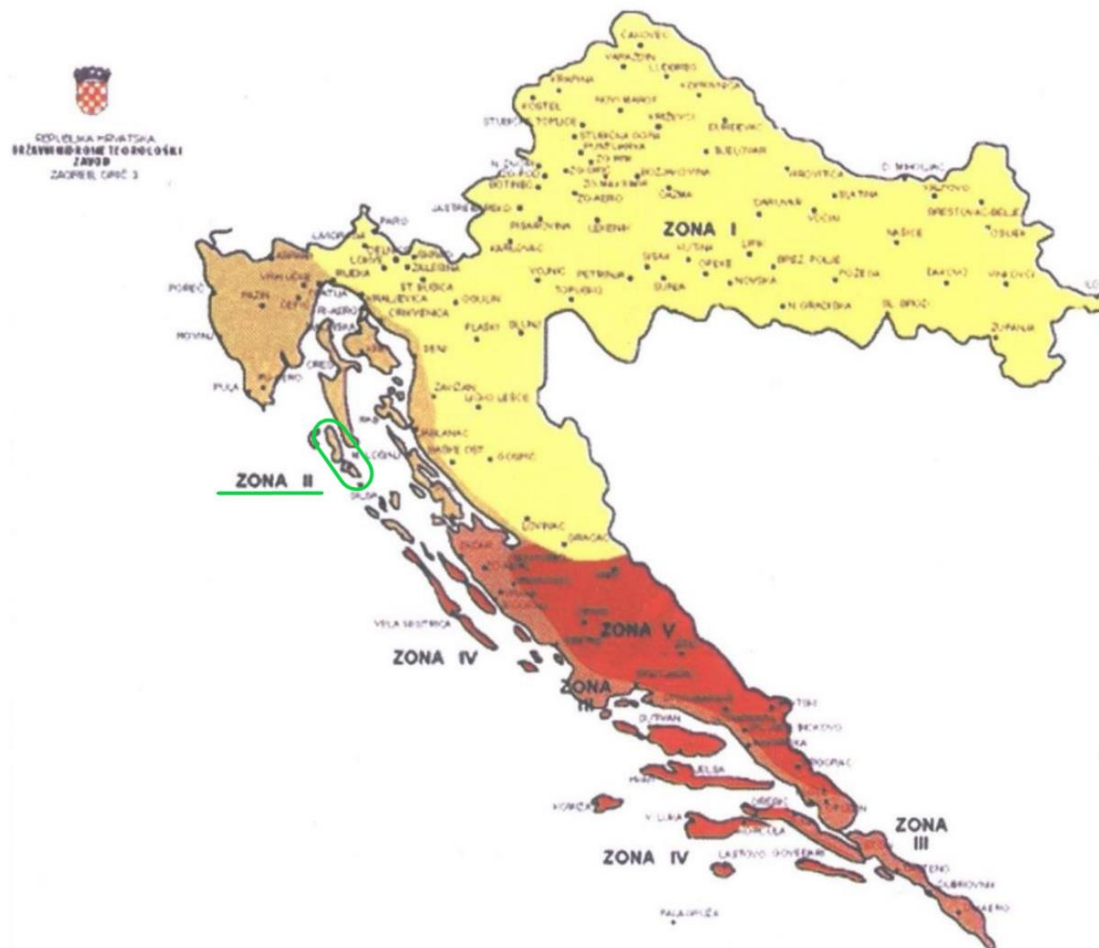


### **7.3. Temperaturno opterećenje**

Temperaturno opterećenje se u proračunu uzima kao neizravno djelovanje. Djelovanje temperature je jednoliko raspoređeno duž cijele konstrukcije ili presjeka i procjenjuje se da jednoliko utječe na dimenzije konstrukcije. Temperaturno opterećenje određeno je prema HRN EN 1991-1-5:2012 [11].

Mehanički utjecaj uslijed temperaturnih promjena uvlike ovisi o skupljanju i puzanju betona. U slučaju pojave nižih temperatura procesi vezanja betona se usporavaju, dok je kod pojave viših temperatura proces obrnut.

Na Slici 62. prikazana je karta Republike Hrvatske raspoređena u područja prema najvišim temperaturama zraka.



Slika 62. Karta Republike Hrvatske prema maksimalnim temperaturnim područjima [11]

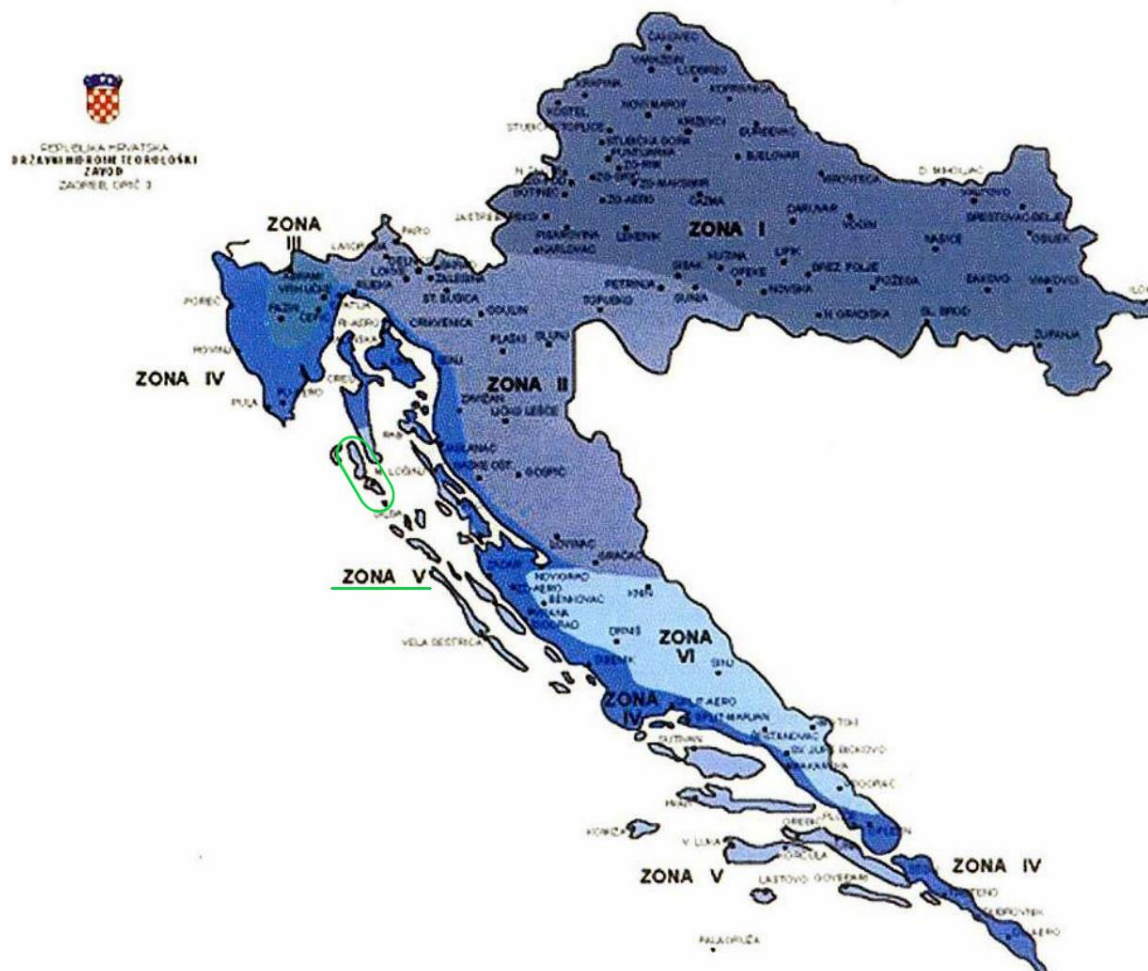
Tablica 30. prikazuje maksimalne temperature  $T_{max,50}$  za područja prema Slici 62.

Tablica 30. Ovisnost temperature  $T_{max,50}$  o lokaciji i nadmorskoj visini

| Klimatski pojas                         | $T_{max,50}$ (°C) |
|---|-------------------|
| I. kontinentalni dio Hrvatske           | 38,6 - 0,0068h    |
| II. Istra i hrvatsko primorje s otocima | 36,4 - 0,0048h    |
| III. dalmatinsko priobalje              | 38,6 - 0,0052h    |
| IV. dalmatinski otoci                   | 37,8 + 0,0016h    |
| V. dalmatinsko zaleđe                   | 42,3 - 0,0071h    |

Mali Lošinj prema Slici 62. pripada području II. (Istra i hrvatsko primorje s otocima). Nadmorska visina Malog Lošinja iznosi 0 m, stoga u proračunu uzimamo maksimalnu temperaturu  $T_{max,50}$  od  $36,4^{\circ}\text{C}$ .

Na Slici 63. prikazana je karta Republike Hrvatske raspoređena u područja prema najnižim temperaturama zraka.



Slika 63. Karta Republike Hrvatske prema minimalnim temperaturnim područjima [11]

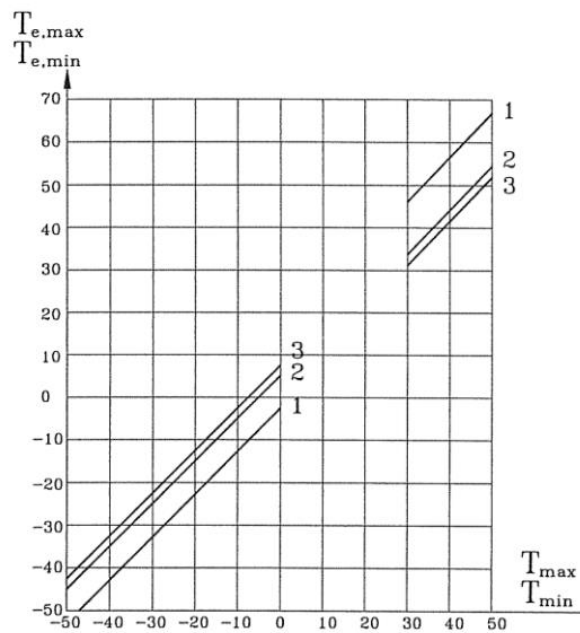
Tablica 31. prikazuje minimalne temperature  $T_{min,50}$  za područja prema Slici 63.

Tablica 31. Ovisnost temperature  $T_{min,50}$  o lokaciji i nadmorskoj visini [11]

| Klimatski pojas                                    | $T_{min,50}$ (°C) |
|--|-------------------|
| I. područja sjeverno od Kupe i Save                | $-26,1 + 0,0078h$ |
| II. Gorski kotar, Lika, Banovina, Kordun           | $-26,5 + 0,0012h$ |
| III. unutrašnjost Istre                            | $-16,3 - 0,0056h$ |
| IV. jadransko priobalje i otoci sjevernog Primorja | $-9,1 - 0,0094h$  |
| V. otoci srednje i južne Dalmacije                 | $-5,3 - 0,0120h$  |
| VI. dalmatinsko zaleđe                             | $-15,9 - 0,0044h$ |

Prema Slici 63. Mali Lošinj pripada području V (otoci srednje i južne dalmacije) i prema tome njegova minimalna temperatura  $T_{min,50}$  iznosi  $-5,3^{\circ}\text{C}$ .

Na Slici 64. su prikazani odnosi temperature konstrukcije i temperature u hladu. Možemo vidjeti da maksimalna temperatura u hladu  $T_{e,max}$  iznosi  $38^{\circ}\text{C}$ , a minimalna temperatura u hladu  $T_{e,min}$  iznosi  $2^{\circ}\text{C}$ .



Slika 64. Odnos temperature u hladu i temperature konstrukcije [11]

Najniža proračunska temperatura  $T_0$  konstrukcije u trenutku kada je ona sastavljena iznosi  $10^{\circ}\text{C}$ . Skupljanje betona događa se pri temperaturnoj razlici od:

$$\Delta T_{N,neg} = T_0 - T_{e,min} \quad (66)$$

$$\Delta T_{N,neg} = 8^{\circ}\text{C}$$

Širenje betona događa se pri temperaturnoj razlici od:

$$\Delta T_{N,poz} = T_{e,max} - T_0 \quad (67)$$

$$\Delta T_{N,poz} = 28^{\circ}\text{C}$$

Proračunska temperatura ima raspon  $\Delta T$  za cijelu konstrukciju koji se dobiva iz izraza (3).

$$\Delta T = T_{e,max} - T_{e,min} \quad (68)$$

$$\Delta T = 36^{\circ}\text{C}$$

Prilikom nejednolikog izloženosti temperaturi konstrukcije jer je jedan dio konstrukcije izložen suncu a drugi je u sjeni možemo očekivati temperaturne razlike:

$$\Delta T_{M,poz} = \Delta T_{M,poz,(50)} \times k_{sur} \quad (69)$$

$$\Delta T_{M,poz} = 10 \times 0,6 = 6^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{M,neg} = \Delta T_{M,neg,(50)} \times k_{sur} \quad (70)$$

$$\Delta T_{M,neg} = -5 \times 1 = -5^{\circ}\text{C}$$

Prema HRN EN 1991-1-5:2012 uzeto je da na armiranobetonski serklaž djeluje jednolika temperatura od  $\Delta t = \pm 25^{\circ}\text{C}$ .

#### 7.4. Deformacije od skupljanja betona

Skupljanje betona ovisi o vodocementnom omjeru, sastavu betona i o samim dimenzijama elementa. Prilikom skupljanja betona elementi mijenjaju svoj volumen u procesu vezivanja i stvrdnjavanja. Predgotovljeni valobrani ekran i naglavnice su skupljanje već izvršili te se oni kao gotovi elementi dovoze na gradilište. Proračun skupljanja betona proveden je za temperaturu od oko 20°C te je korišten Dodatak B iz HRN ENV 1992-1-1 [12].

Pomoću srednjeg polumjera presjeka  $h_0$  (71) unosimo ovisnost dimenzija betonskih elemenata u proračun skupljanja betona.

$$h_0 = \frac{2 \times A_c}{u_c} \quad (71)$$

Deformacija koja je prouzročena skupljanjem označava se sa  $\varepsilon_{cs}$ . Ona se dobiva kao suma deformacije stvrdnutog betona zbog njena sušenja  $\varepsilon_{cd}$  i deformacije uslijed autogenog skupljanja:

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca} \quad (72)$$

Deformaciju uslijed sušenja betona dobivamo iz izraza (73), gdje se vrijednost  $\varepsilon_{cd,0}$  računa pomoću jednadžbe (74).

$$\varepsilon_{cd} = k_h \times \varepsilon_{cd,0} \quad (73)$$

$$\varepsilon_{cd,0} = 0,85 \times \left[ (220 + 110 \times \alpha_{ds1}) \times e^{\left(-\alpha_{ds2} \times \frac{f_{cm}}{f_{cm0}}\right)} \right] \times 10^{-6} \quad (74)$$

Gdje su  $\alpha_{ds1}$  i  $\alpha_{ds2}$  koeficijenti koji ovise o tipu cementa. Za normalni cement oni iznose:

$$\alpha_{ds1} = 4$$

$$\alpha_{ds2} = 0,12$$

Za beton klase C 35/45 srednja tlačna čvrstoća  $f_{cm}$  iznosi 43 MPa, dok  $f_{cm0}$  iznosi 10 MPa.

Koeficijent  $k_h$  ovisi o srednjem polumjeru presjeka  $h_0$  i njegova vrijednost dobiva se interpolacijom iz Tablice 32.

Tablica 32. Ovisnost koeficijenta  $k_h$  i srednjeg polumjera presjeka  $h_0$  [13]

| $h_0$      | $k_h$ |
|------------|-------|
| 100        | 1,00  |
| 200        | 0,85  |
| 300        | 0,75  |
| $\geq 500$ | 0,70  |

Deformaciju uslijed autogenog skupljanja koja je linearna funkcija čvrstoće betona dobivamo iz izraza (75).

$$\varepsilon_{ca}(t) = \varepsilon_{ca}(t) \times \beta_{as}(t) \quad (75)$$

Gdje su:

$$\varepsilon_{ca}(\text{‰}) = 2,5(f_{ck} - 10) \times 10^{-6} \quad (76)$$

$$\beta_{as}(t) = 1 - e^{(-0,2t^{0,5})} \quad (77)$$

Valobran se nalazi u vlažnoj i otvorenoj okolini te mu je relativna vlažnost RH iznosi 80%, dok se  $RH_0$  uzima kao 100%. Koeficijent vlažnosti  $\beta_{RH}$  stoga iznosi:

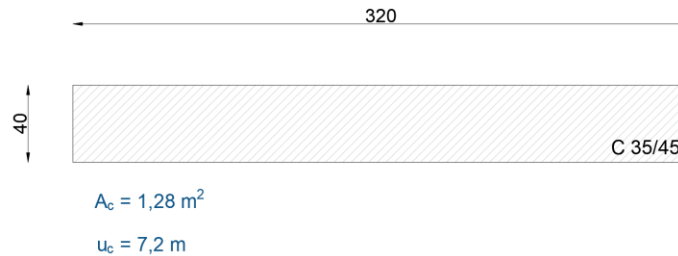
$$\beta_{RH} = 1,55 \times \left[ 1 - \left( \frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right] \quad (78)$$

$$\beta_{RH} = -0,756$$

Poznavajući veličine deformacija  $\varepsilon_{cd,0}$  i  $\varepsilon_{ca}(t)$  možemo dobiti ukupnu deformaciju uslijed skupljanja  $\varepsilon_{cs}$  za:

### Armiranobetonski serklaž

Geometrija armiranobetonskog serklaža prikazana je na Slici 65.



Slika 65. Geometrijski podatci armiranobetonskog serklaža (*Izrađeno u AutoCad-u*)

Pomoću izraza (1)-(7) u Tablici 33. dobivamo deformacije o skupljanju betona na navedenom serklažu.

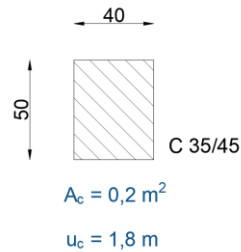
Tablica 33. Deformacije uslijed skupljanja armiranobetonskog serklaža

|                              |        |              |
|------------------------------|--------|--------------|
| $f_{ck}$                     | 35,00  | MPa          |
| $f_{cm}$                     | 43,00  | MPa          |
| $f_{cm0}$                    | 10,00  | MPa          |
| $A_c$                        | 1,28   | $\text{m}^2$ |
| $u_c$                        | 7,20   | m            |
| $h_0$                        | 355,56 | mm           |
| $\alpha_{ds1}$               | 4,00   |              |
| $\alpha_{ds2}$               | 0,12   |              |
| $\varepsilon_{cd,0}$         | 0,37   | ‰            |
| $k_h$                        | 0,72   |              |
| $\varepsilon_{cd}$           | 0,26   | ‰            |
| t                            | 28     | d            |
| $\varepsilon_{ca}(\text{¥})$ | 0,06   | %            |
| $\beta_{as}(t)$              | 0,65   |              |
| $\varepsilon_{ca}(t)$        | 0,04   | ‰            |
| $\varepsilon_{cs}$           | 0,30   | ‰            |



Valobrani zid

Geometrija je prikazana na Slici 66.



Slika 66. Geometrijski podatci valobranog zida (Izrađeno u AutoCad-u)

Pomoću izraza (71)-(77) u Tablici 34. dobivamo deformacije o skupljanju betona na valobranom zidu.

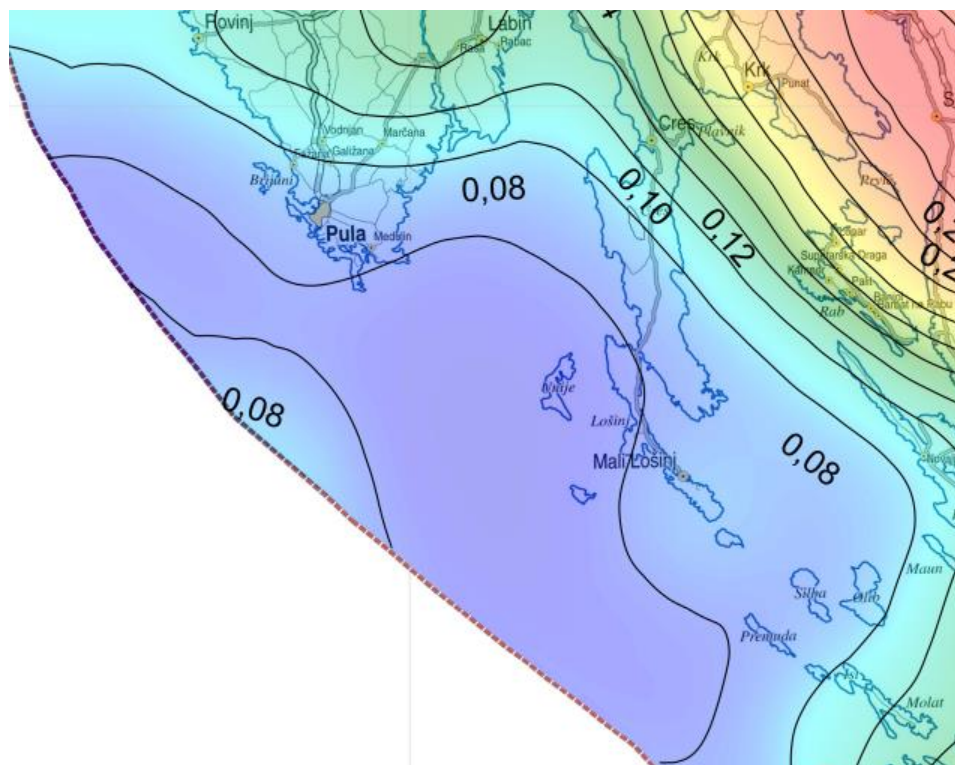
Tablica 34. Deformacije uslijed skupljanja valobranog zida

|                              |        |              |
|------------------------------|--------|--------------|
| $f_{ck}$                     | 35,00  | MPa          |
| $f_{cm}$                     | 43,00  | MPa          |
| $f_{cm0}$                    | 10,00  | MPa          |
| $A_c$                        | 0,20   | $\text{m}^2$ |
| $u_c$                        | 1,80   | m            |
| $h_0$                        | 222,22 | mm           |
| $\alpha_{ds1}$               | 4,00   |              |
| $\alpha_{ds2}$               | 0,12   |              |
| $\varepsilon_{cd,0}$         | 0,37   | ‰            |
| $k_h$                        | 0,82   |              |
| $\varepsilon_{cd}$           | 0,30   | ‰            |
| $t$                          | 28     | d            |
| $\varepsilon_{ca}(\text{¥})$ | 0,06   | %            |
| $\beta_{as}(t)$              | 0,65   |              |
| $\varepsilon_{ca}(t)$        | 0,04   | ‰            |
| $\varepsilon_{cs}$           | 0,34   | ‰            |

## 7.5. Seizmičko opterećenje

Opterećenje uslijed djelovanja potresa određeno je prema Eurokodu 8 [13]. Za zadanu lokaciju potrebno je odrediti elastični spektr odziva  $S_d(T)$ . Podatci dobiveni dijagramom elastičnog spektrta odziva unose se u SCIA-u u kojoj se mogu pomoću CQC metode dobiti ukupne sile i pomake koje uzrokuje potres.

Prema važećoj seizmološkoj karti određuje se horizontalno vršno ubrzanje tla  $a_{gr}$ . Za povratno razdoblje od 475 godina horizontalno vršno ubrzanje tla iznosi  $0,08g$  ( $0,78 \text{ m/s}^2$ ) te možemo reći da Mali Lošinj pripada u područje male seizmičnosti. (Slika 67.)



Slika 67. Karta za povratno razdoblje od 475. godina [13]

Piloti se zabijaju u vapnenačku stijenu pa za izračun elastičnog spektra odziva možemo reći da je nosivo tlo klase A. Iz Tablice 35. možemo odrediti prosječnu vrijednost širenja valova  $v_{s,30}$  koja je veća od 800 (m/s) a vrijedi za gornjih 30 m profila tla.

*Tablica 35. Tipovi temeljnog tla [13]*

| Tip temeljnog tla | Opis stratigrafskog profila   | $v_{s,30}$ (m/s) |
|-------------------|---|------------------|
| A                 | Stijena ili druga geološka formacija poput stijene, uključujući najviše 5 m slabijeg materijala na površini   | > 800            |
| B                 | Nanosi vrlo gustog pijeska, šljunka ili vrlo krute gline, debljine najmanje nekoliko desetaka metara, s postupnim povećanjem mehaničkih svojstava s dubinom                     | 360 - 800        |
| C                 | Duboki nanosi gustog ili srednje gustog pijeska, šljunka ili krute gline debljine od nekoliko desetaka metara do više stotina metara  | 180 - 360        |
| D                 | Nanosi rahlog do srednje zbijenog nekoherentnog tla (s nešto mekih koherentnih slojeva ili bez njih), ili pretežno meko do dobro koherentno tlo                                 | < 180            |
| E                 | Profil tla koji se sastoji od površinskog aluvijskog sloja s vrijednostima $v_s$ za tipove C ili D i debljinom između 5 i 20 m ispod kojeg je krući materijal s $v_s > 800$ m/s |                  |

Prema EC8 faktor važnosti zgrade  $\gamma_1$  iznosi 1,0. Faktor ponašanja  $q$  koji predstavlja omjer potresnih sila koje djeluju na konstrukciju ako je njen odziv u potpunosti elastičan u 5%-tno viskozno prigušenje i potresnih sila koje se mogu uzeti kod proračuna uz uobičajeni elastični model uzet je da iznosi 2,0.

Za spektar odziva tipa 1 i za poznatu vrstu tla možemo iz Tablice 36. odrediti parametre koji će biti potrebni kod određivanja dijagrama za elastični spektar odziva.

Tablica 36. Vrijednosti parametara potrebnih za određivanja elastičnog tipa odziva tipa 1  
[13]

| Tip temeljnog tla | S    | T <sub>B</sub> (s) | T <sub>C</sub> (s) | T <sub>D</sub> (s) |
|-------------------|------|--------------------|--------------------|--------------------|
| A                 | 1,0  | 0,15               | 0,4                | 2,0                |
| B                 | 1,2  | 0,15               | 0,5                | 2,0                |
| C                 | 1,15 | 0,20               | 0,6                | 2,0                |
| D                 | 1,35 | 0,20               | 0,8                | 2,0                |
| E                 | 1,4  | 0,15               | 0,5                | 2,0                |

Gdje su:

S = 1,0 -faktor tla

T<sub>B</sub> (s) = 0,15 - donja granica perioda s granom konstantnog spektralnog ubrzanja

T<sub>C</sub> (s) = 0,40 - gornja granica perioda s granom konstantnog spektralnog ubrzanja

T<sub>D</sub> (s) = 2,00 - vrijednost koja definira početak konstantnog raspona odziva u spektru pomaka

Izrazi za određivanje dijagrama elastičnog spektra odziva mijenjaju se ovisno o periodu:

$$0 \leq T \leq T_B \quad S_D(T) = a_g \times S \times \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \left( \frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad (79)$$

$$T_B \leq T \leq T_C \quad S_D(T) = a_g \times S \times \frac{2,5}{q} \quad (80)$$

$$T_C \leq T \leq T_D \quad S_D(T) = \begin{cases} a_g \times S \times \frac{2,5}{q} \left[ \frac{T_C}{T} \right] \\ \leq \beta a_g \end{cases} \quad (81)$$

$$T_D \leq T \quad S_D(T) = \begin{cases} a_g \times S \times \frac{2,5}{q} \left[ \frac{T_C \times T_D}{T^2} \right] \\ \geq \beta a_g \end{cases} \quad (82)$$

Gdje je:

$\beta = 0,20$  donja vrijednost faktora horizontalnog spektra odziva

U Tablici 37. prikazane su vrijednosti elastičnog spektra odziva  $S_d(T)$  za različite iznose perioda  $T$ . Dobivene rezultate možemo pokazati grafički. (Slika 68.)

*Tablica 37. Odons perioda  $T$  i elastičnog spektra odziva  $S_d(T)$*

| T    | $S_d(T)$ |
|------|----------|
| 0,00 | 0,053    |
| 0,05 | 0,069    |
| 0,10 | 0,084    |
| 0,15 | 0,100    |
| 0,40 | 0,100    |
| 0,75 | 0,053    |
| 1,00 | 0,040    |
| 1,25 | 0,032    |
| 1,50 | 0,027    |
| 1,75 | 0,023    |
| 2,00 | 0,020    |
| 2,50 | 0,016    |
| 3,00 | 0,016    |
| 3,50 | 0,016    |
| 4,00 | 0,016    |



Slika 68. Elastični spektar odziva (Izrađeno u Excel-u)

Isti dijagram sa Slike 68. unosi se u SCIA-u kako bi se opisali uvjeti na lokaciji. Dijagram elastičnog spektra SCIA može i sama modelirati ako se unesu potrebni parametri i odabere Eurokod 8.

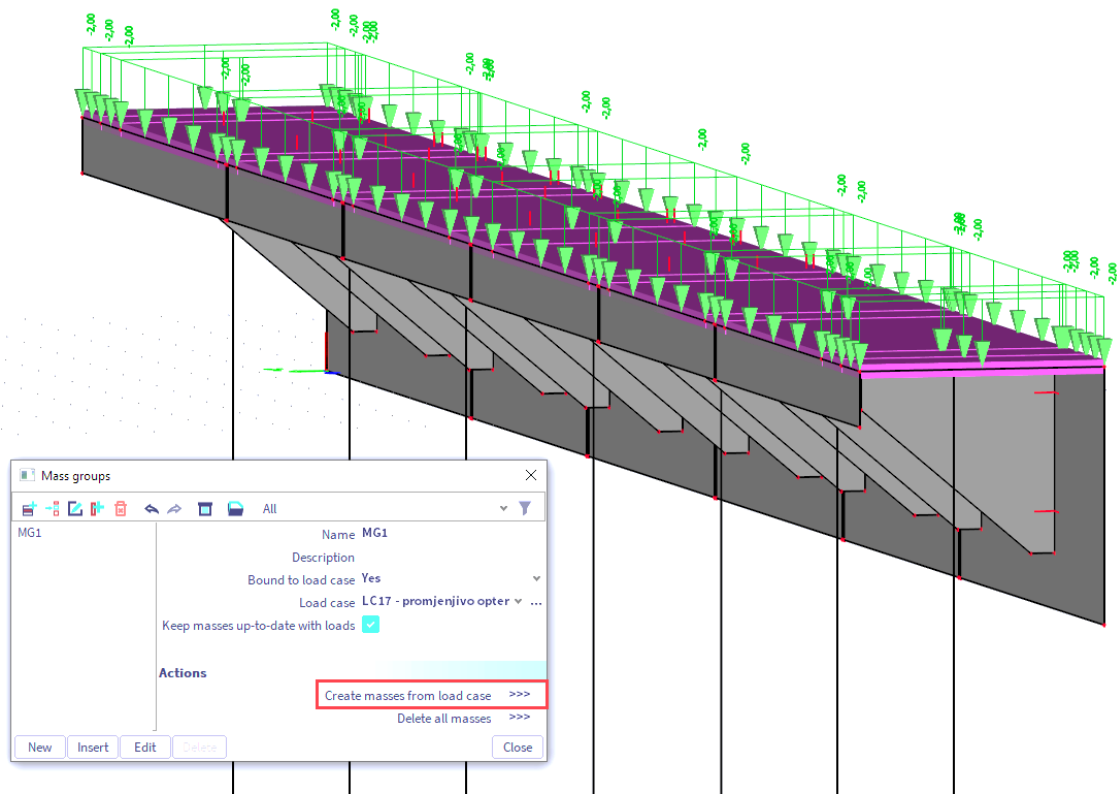
Kako bismo mogli napraviti modalnu analizu u SCIA-i potrebno je unjeti potresnu kombinaciju koja se određuje iz izraza (83).

$$\sum_{j \leq 1} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \tag{83}$$

Gdje su:

- $G_{k,j}$  - stalno djelovanje
- $Q_{k,i}$  - promjenjivo djelovanje
- $\psi_{2,i} = 0,3$  - faktor za nazovistalnu kombinaciju

U SCIA-i je potrebno napraviti mase koje predstavljaju stalno i promjenjivo opterećenje. Mase je moguće unijeti u SCIA-u ili ih ona može sama prepoznati iz zadanih opterećenja (Slika 69.). Mase se generiraju u naredbi „mass groups“, te se zatim može naredbom „mass combinations“ unijeti kombinacija (83). Vlastitu težinu program sam uzima u obzir, te je nije potrebno dodavati u kombinaciju.



Slika 69. Generiranje mase u SCIA-i uslijed opterećenja

## 8. PRORAČUN KONSTRUKCIJE LUKOBRANA

### 8.1.1. Računski model pilota

U programu SCIA u kojemu je rađen proračun konstrukcije potrebno je pravilno zadati način temeljenja konstrukcije. Na mjestu gdje pilot ulazi u stijenu potrebno je postaviti oslonce. Oslonci će biti linearno elastične opruge na međusobnom razmaku od pola metra ( $\Delta z$ ), koje simuliraju interakciju tla s pilotom. Oprugama je potrebno unijeti krutost koja ovisi o vrsti podloge. Krutost vapnenca  $K_s$  iznosi  $90\,000\text{ kN/m}^3$ .

Piloti imaju nosivost po bazi i po plaštu, te je u skladu s time potrebno nanijeti oslonce. Krutost opruge koja je na bazi pilota postavljena duž osi pilota računa se prema formuli (84).

$$K_{vb} = K_{sh} \times r^2 \times \pi \quad (84)$$

$$K_{vb} = 70,69\text{ MN/m}$$

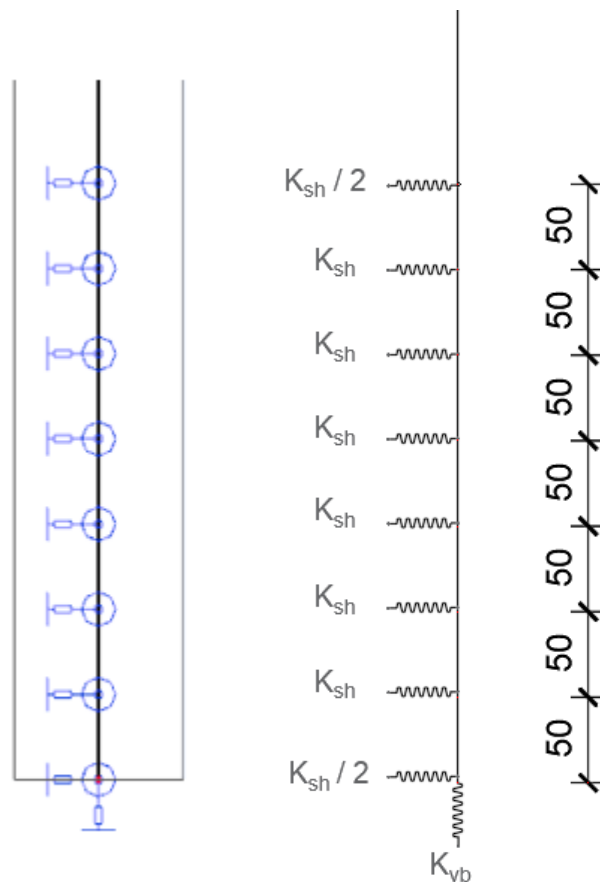
Opruge koje predstavljaju nosivost po plaštu imaju krutost koja se dobiva iz izraza (85). Potrebno je uzeti u obzir da je krutost opruge koja se nalazi na prijelazu mekog tla u vapnenac dvostruko manja od ostalih opruga po plaštu pilota.

$$K_{sh} = 0,8 \times K_s \times r \times \pi \times \Delta z \quad (85)$$

$$K_{sh} = 56,55\text{ MN/m}$$

Na Slici 70. prikazan je način postavljanja opruga kao i model u programu SCIA. Pilot je u programu SCIA napravljen pomoću naredbe „column“ jer ne postoji naredba za pilote, te samim time u programu nije moguće dimenzionirati radnu kolonu.

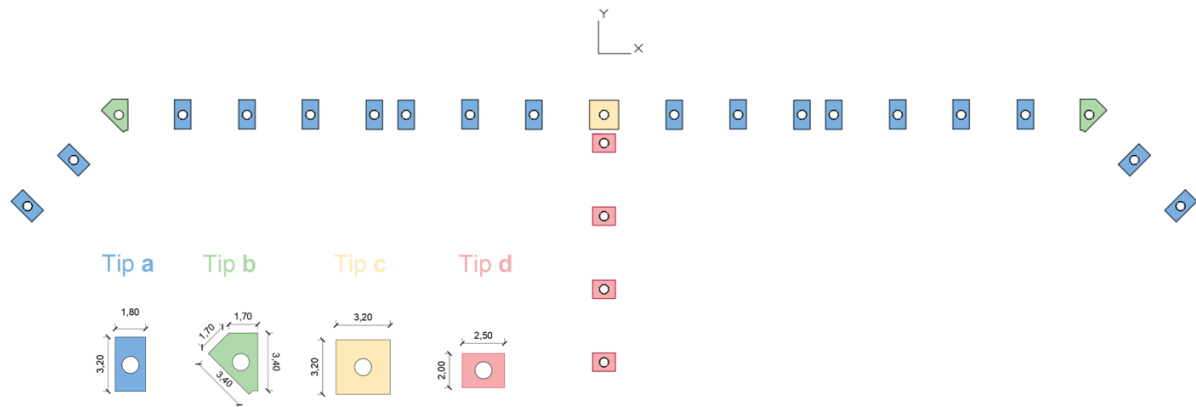




Slika 70. Linearno elastične opruge (Izrađeno u AutoCad-u)

## 8.2. Proračun naglavnica lukobrana

Naglavnica se postavlja nakon izvedbe pilota. U nastavku će biti prikazan proračun naglavnica za fazu izvedbe. Na Slici 71. prikazani su različiti tipovi naglavnica koje se pojavljuju u konstrukciji. Sve naglavnice izvode se monolitno od betona C35/45 i armature B500B. Debljina svih naglavnica iznosi 40 cm.

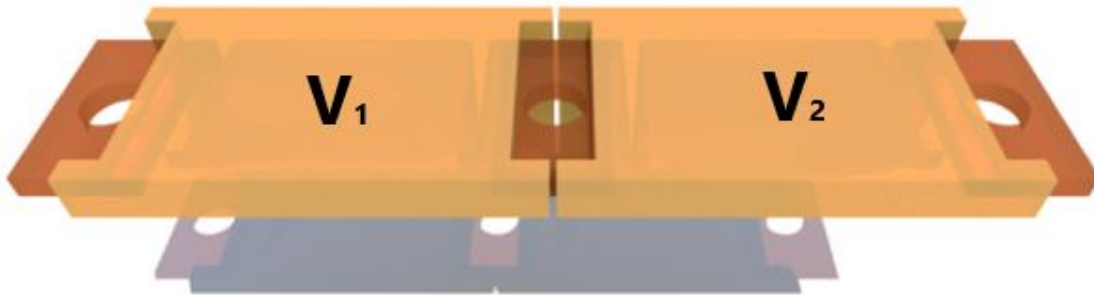


Slika 71. Vrste naglavnica u konstrukciji (*Izrađeno u AutoCad-u*)

Na svaku naglavnicu uz njenu vlastitu težinu djeluju stalno i promjenjivo opterećenje. Stalno opterećenje uzrokovano je valobranim ekranom koji svojom težinom naliže na naglavnu konstrukciju i armiranobetonskim serklažem koji se izvodi na naglavnoj konstrukciji nakon postavljanja valobranog ekrana. Opterećenje koje uzrokuje valobrani ekran računa se po izrazu (86).

$$25 \text{ kN/m}^3 \times \frac{V}{2 \times 3,2} \quad (86)$$

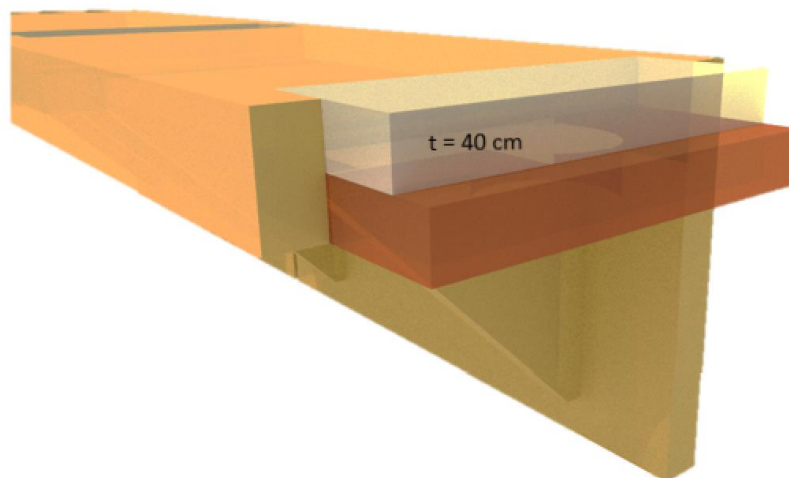
Oznaka V predstavlja volumen valobranog ekrana koji je potrebno podijeliti s dva jer je svaki valobrani ekran pridrzan na dvije naglavnice. Volumen ekrana množi se sa težinom betona i dijeli sa širinom naglavnice od 3,2 m kako bi opterećenje djelovalo po metru dužnom. Opterećenje uslijed djelovanja valobranog ekrana Kako je valobrani ekran naslonjen na naglavnicu na širini od 30 cm opterećenje je postavlja centrično, tj. 15 cm od ruba naglavnice. (Slika 72.)



Slika 72. Opterećenje na naglavnici od valobranog okvira (Izrađeno u Allplan-u)

Stalno opterećenje uslijed djelovanja armiranobetonskog serklaža dobiva se iz izraza (87), gdje se težina betona može sa debljinom serklaža. (Slika 73.)

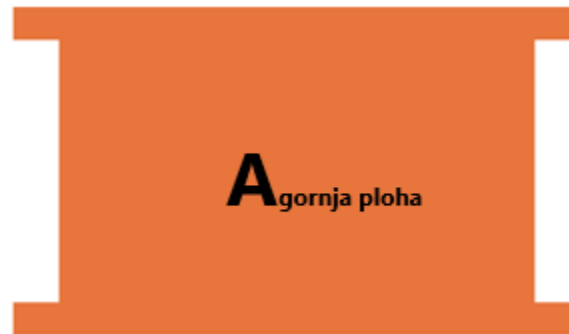
$$25 \frac{kN}{m^3} \times 0,4 m = 10 \frac{kN}{m^2} \quad (87)$$



Slika 73. Opterećenje na naglavnici od ab serklaža (Izrađeno u Allplan-u)

Promjenjivo opterećenje koje djeluje na naglavnu konstrukciju nastaje prilikom ugradnje valobranog ekrana i armiranobetonskih serklaža, a uzima u obzir kretanje ljudi i strojeva prilikom gradnje. To opterećenje se računa preko izraza (88) pomoću površine gornje plohe valobranog ekrana (Slika 74.) i pretpostavljenog opterećenja od  $1 \text{ kN/m}^2$  koje nastaje prilikom ugradnje valobrana.

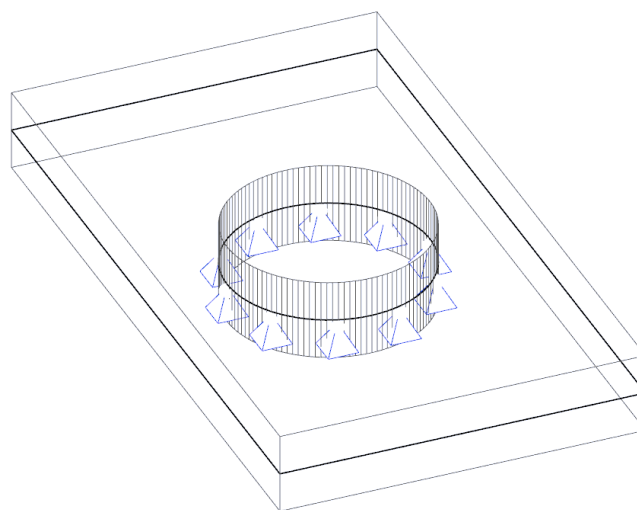
$$\frac{A}{2} m^2 \times 1 \frac{kN}{m^2} \div 3,2 m \quad (88)$$



Slika 74. Površina gornje plohe valobranog ekrana (*Izrađeno u AutoCad-u*)

Kao rezultat proračuna prikazana je potrebna minimalna armatura dobivena za kombinaciju 1,35 x vlastita težina i stalno opterećenje + 1,5 x promjenjivo opterećenje.

Model naglavne grede potrebno je u programu osloniti na njenom otvoru kao što je prikazano na Slici 75. jer se tamo naglanica povezuje sa pilotom.

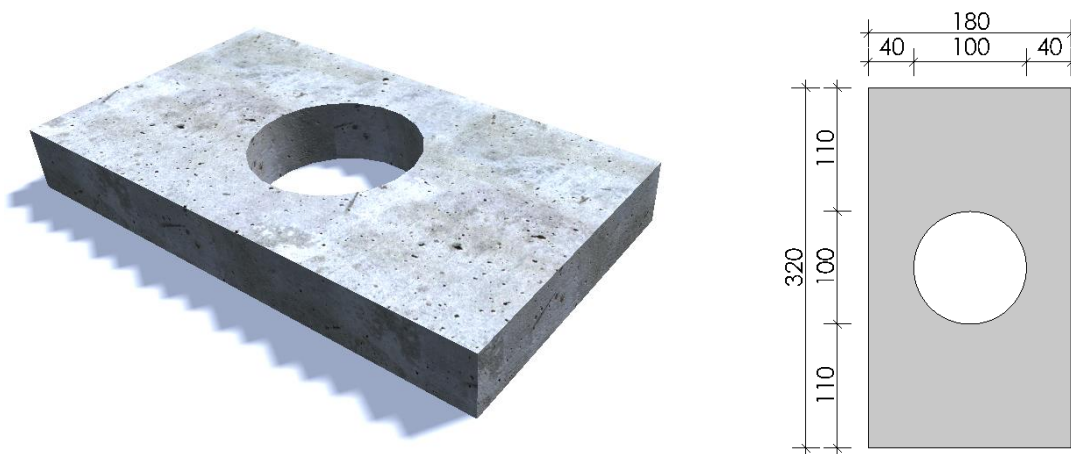


Slika 75. Oslanjanje naglavnice

Kako bi se dokazala nosivost naglavnih konstrukcija u nastavku će biti prikazan proračun za različite tipove naglavnih konstrukcija u fazi gradnje.

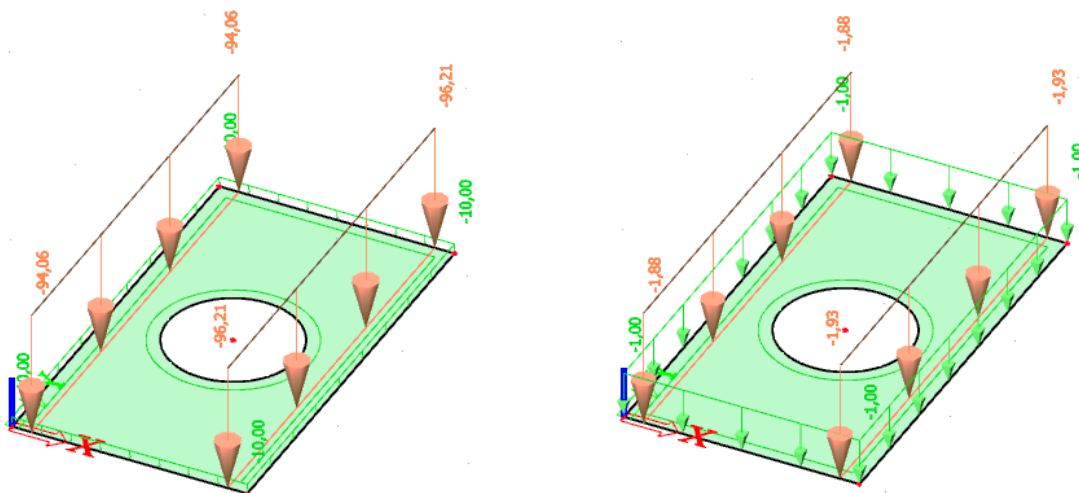
### 8.2.1. Naglavnica tipa a

Prostorni prikaz i dimenzije naglavnice tipa a prikazane su na Slici 76.



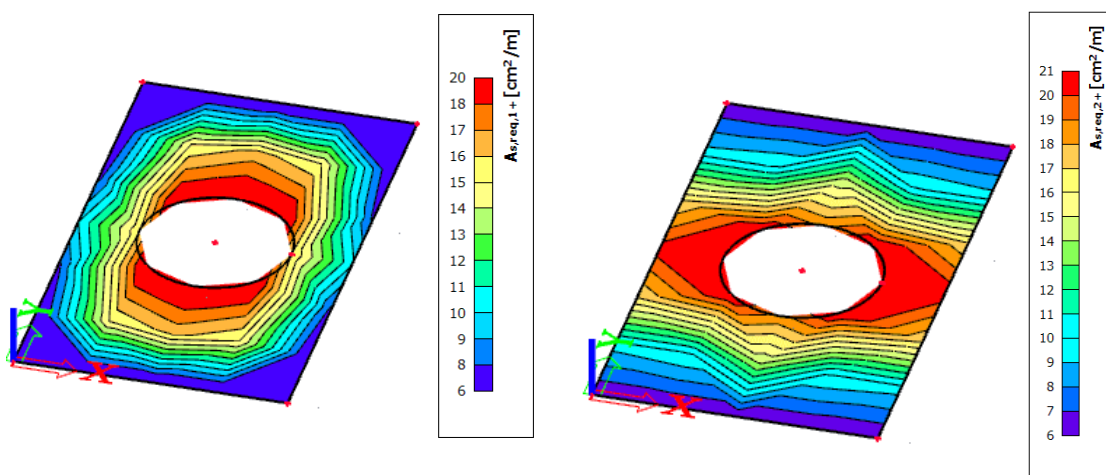
Slika 76. Prostorni prikaz i dimenzije naglavne konstrukcije tipa a (*Izrađeno u Allplan-u*)

Na Slici 77. prikazano je stalno opterećenje i promjenjivo opterećenje koje djeluje na naglavnu konstrukciju.

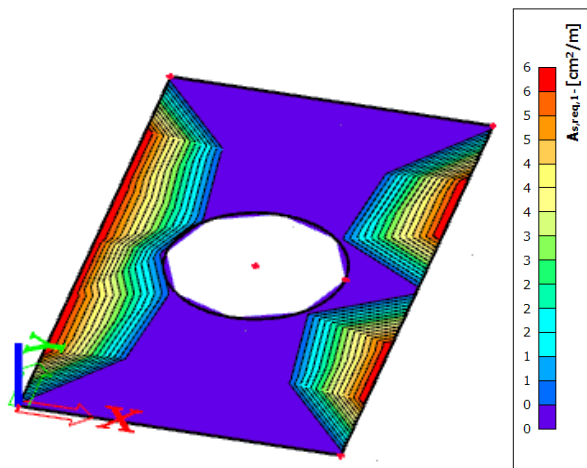


Slika 77. Stalno i promjenjivo opterećenje na naglavnu konstrukciju tipa a

Na Slici 78. prikazana je potrebna uzdužna i poprečna armatura za gornju zonu naglavnice tipa a, dok se na Slici 79. nalazi potrebna uzdužna armatura za donju zonu. U područje donje zone postavlja se minimalna poprečna armatura.



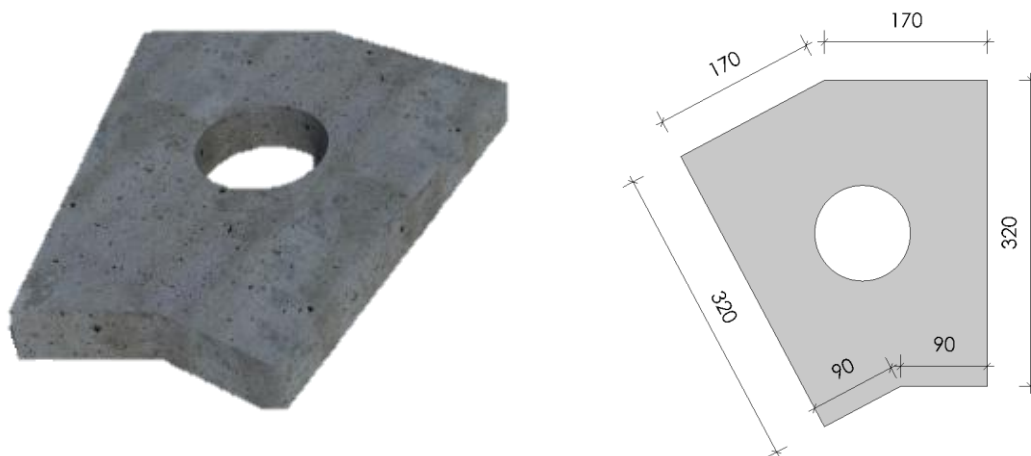
Slika 78. Potrebna uzdužna i poprečna armatura za gornju zonu naglavnice tipa a



Slika 79. Potrebna uzdužna armatura za donju zonu naglavnice tipa a

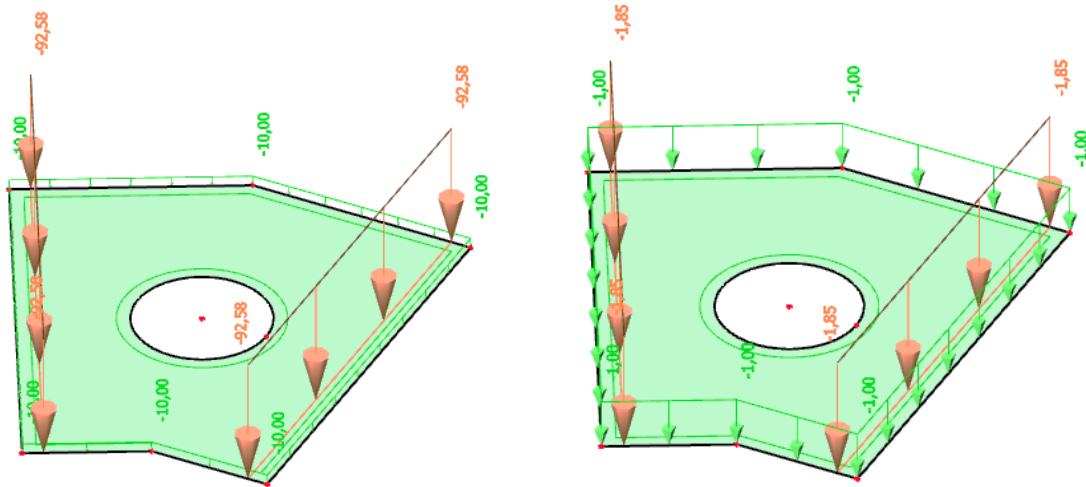
### 8.2.2. Naglavnica tipa b

Naglavnica tipa b sa svojim dimezijama prikazana je u 3D obliku na Slici 80.



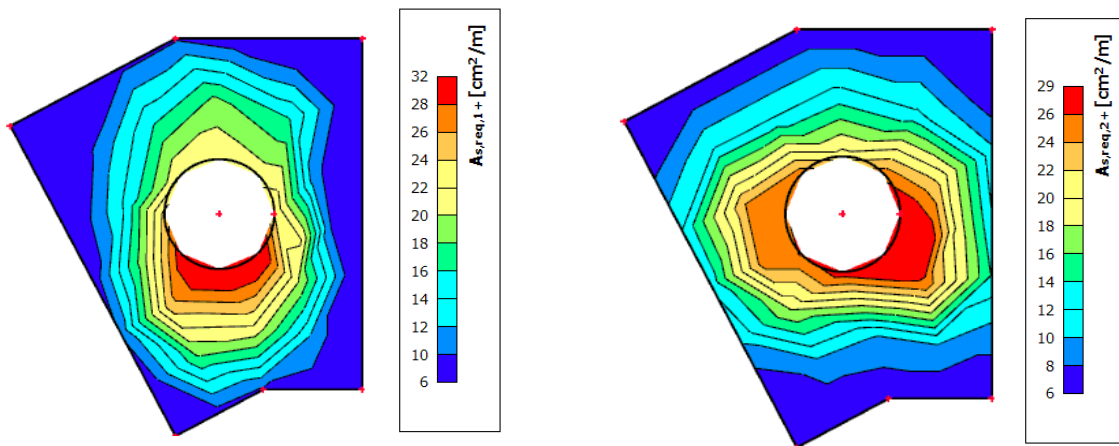
Slika 80. Prostorni prikaz i dimezije naglavne konstrukcije tipa b (Izrađeno u Allplan-u)

Na Slici 81. prikazano je stalno opterećenje i promjenjivo opterećenje koje djeluje na naglavnu konstrukciju.



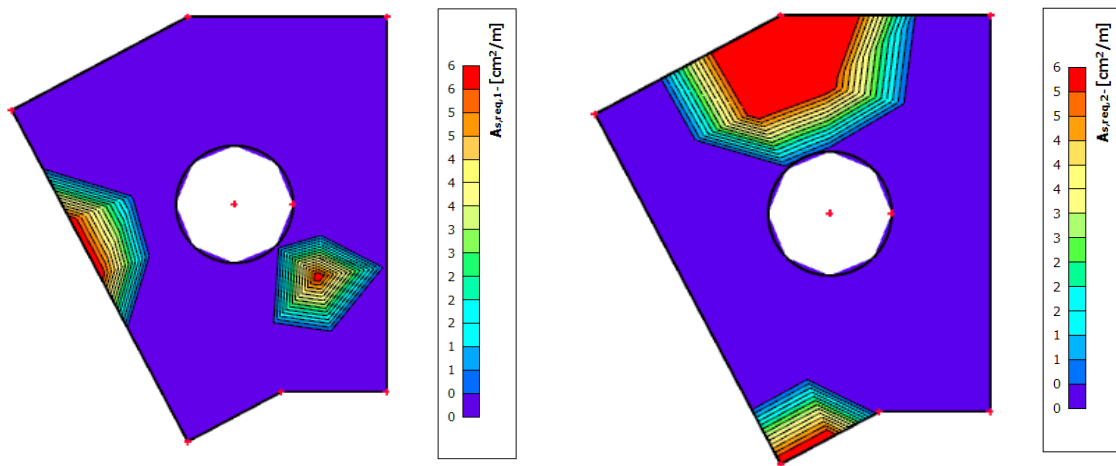
Slika 81. Stalno opterećenje na naglavnu konstrukciju tipa b

Na Slici 82. označena je potrebna količina uzdužne i poprečne armature za gornju zonu naglavnice tipa b, a potrebna količina armature za donju zonu prikazana je na Slici 83.



Slika 82. Potrebna uzdužna i poprečna armatura za gornju zonu naglavnice tipa b

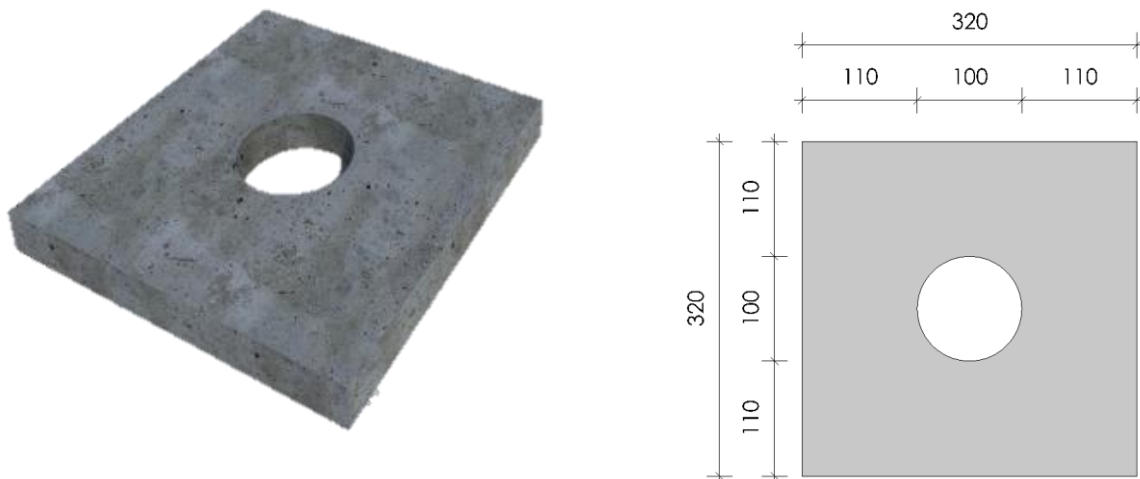




Slika 83. Potrebna uzdužna i poprečna armatura za donju zonu naglavnice tipa b

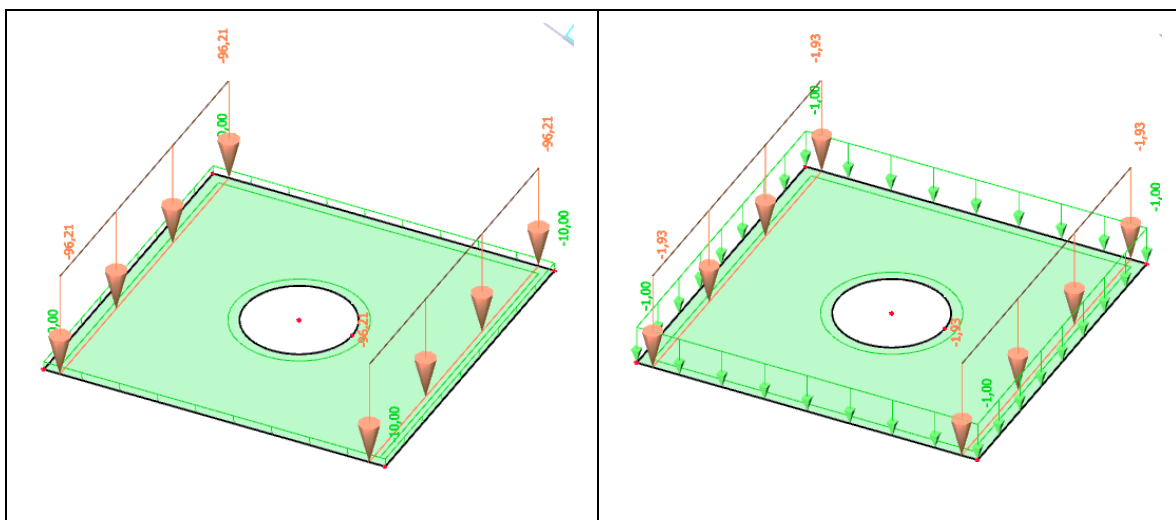
### 8.2.3. Naglavnica tipa c

Prostorni prikaz naglavnice i dimenzije tipa c prikazane su na Slici 84.



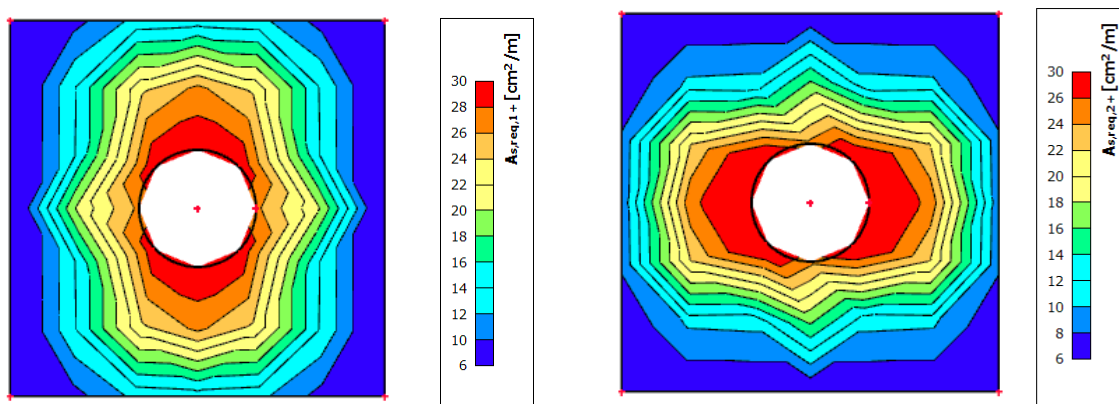
Slika 84. Prostorni prikaz i dimenzije naglavne konstrukcije tipa c (Izrađeno u Allplan-u)

Na Slici 85. prikazano je stalno i promjenjivo opterećenje koje djeluje na naglavnu konstrukciju tipa c.

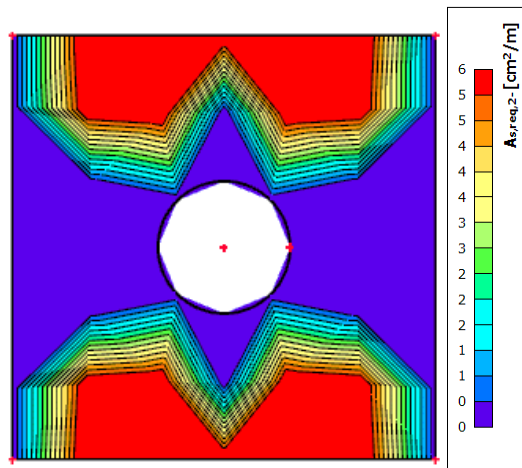


Slika 85. Stalno opterećenje na naglavnu konstrukciju tipa c

Na Slici 86. prikazana je potrebna uzdužna i poprečna armatura za gornju zonu naglavnice tipa c, dok se na Slici 87. nalazi potrebna poprečna armatura za donju zonu. U područje donje zone postavlja se minimalna uzdužna armatura.



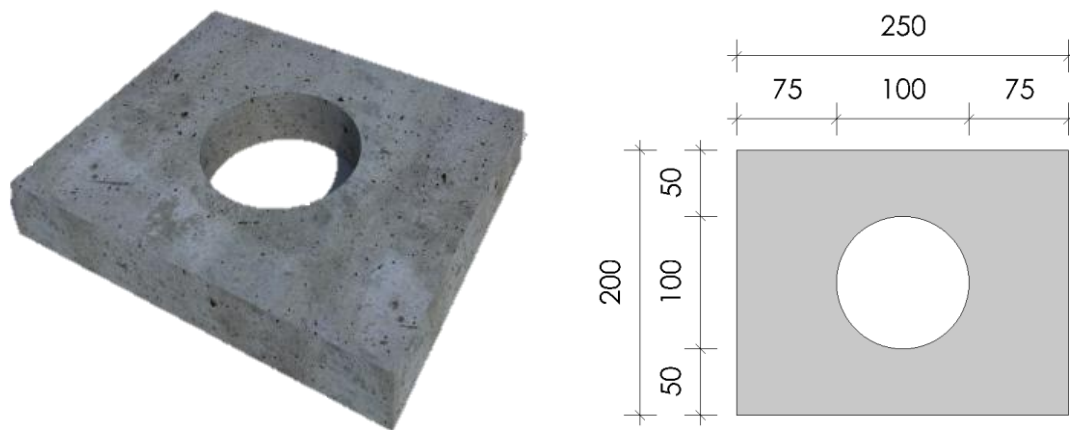
Slika 86. Potrebna uzdužna i poprečna armatura za gornju zonu naglavnice tipa c



Slika 87. Potrebna poprečna armatura za donju zonu naglavnice tipa c

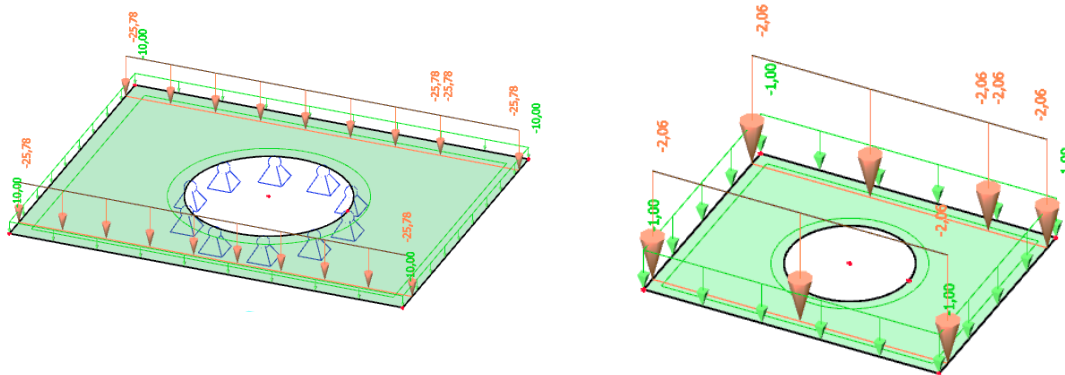
#### 8.2.4. Naglavnica tipa d

Naglavnica tipa d sa svojim dimenzijama prikazana je u 3D obliku na Slici 88.



Slika 88. Prostorni prikaz i dimenzije naglavne konstrukcije tipa d (Izrađeno u Allplan-u)

Na Slici 89. prikazano je djelovanje stalnog i promjenjivog opterećenje na konstrukciju.

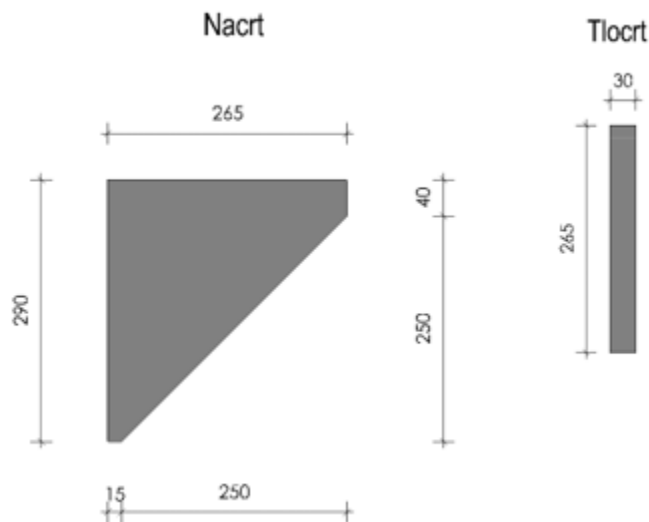


Slika 89. Stalno i promjenjivo opterećenje na naglavnu konstrukciju tipa d

Naglavnica tipa d nije opterećena valobranim ekranom nego armiranobetonskom pločom koja znatno manje opterećuje naglavnu konstrukciju. Iz tog razloga u naglavnu konstrukciju tipa d potrebno je postaviti samo minimalnu armaturu u gornju i donju zonu.

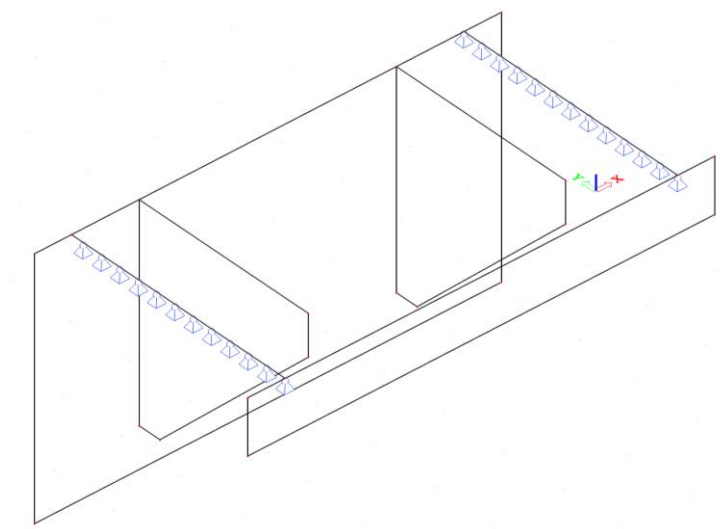
### 8.3. Odabir položaja rebara na valobranom ekranu

Kao što je već ranije spomenuto valobrani ekran izvodi se kao predgotovljeni element od betona C35/45. Valobrani ekran proračunava se kao jedan element koji je sastavljen od armiranobetonskih elemenata: zida, ploče, vijenca i rebara. Ovisno o položaju rebara valobranog okvira konstrukcija mijenja svoju nosivost. Proračunom je potrebno utvrditi da li su rebra na valobranom ekranu potrebna te koji je njihov položaj najpovoljniji. Prikazat će se rezultati za tri različite varijante valobranog ekrana tipa 3, nakon čega će biti napravljena usporedba i odabrat će se varijanta koja će se primjeniti na ostale tipove valobranih ekrana. Dimenzije rebara koje su prikazane na Slici 90. su konstantne.



Slika 90. Dimenzije rebra valobranog ekrana (Izrađeno u Allplan-u)

Model valobranog ekrana napravljen je u Allplanu te je kao IFC file importiran u SCIA-u. Valobranom ekranu u SCIA-i je potrebno dodati oslonce na mjestima gdje se on naslanja na naglavnu konstrukciju (Slika 91.). Iako se valobran nastavlja na naglavnu konstrukciju na duljini od 30 cm u SCIA-i je uzeto linijsko oslanjanje koje je na strani sigurnosti.



Slika 91. Način oslanjanja valobranog ekrana

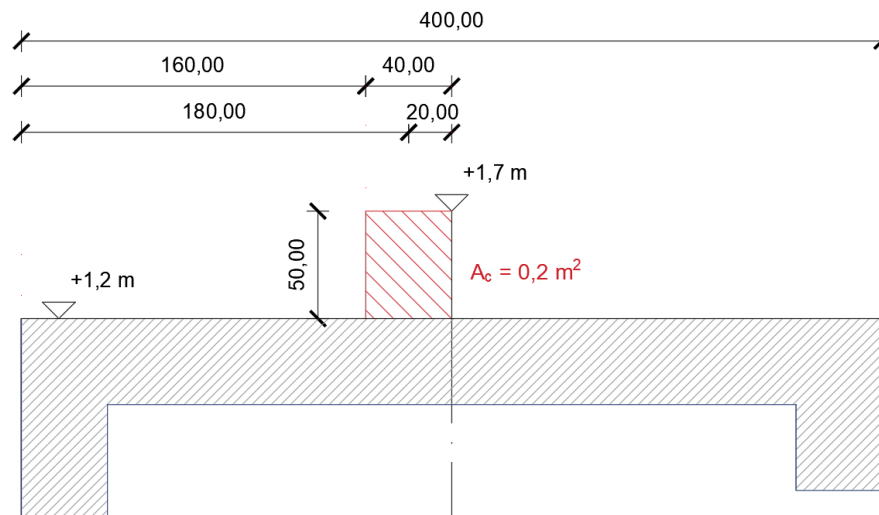
U SCIA-i je potrebno unjeti opterećenja koja djeluju na valobrani ekran u fazi izvedbe konstrukcije i od njih napraviti kombinacije opterećenja.

### 1. Vlastita težina i stalno opterećenje

Vlastitu težinu konstrukcije određuje program SCIA pomoću opcije „self weight“. Bitno je da u postavkama programa gravitacijsko ubrzanje  $g$  iznosi  $9,81 \text{ m/s}^2$  i da bude zadana vlastita težina betona od  $25,00 \text{ kN/m}^3$ .

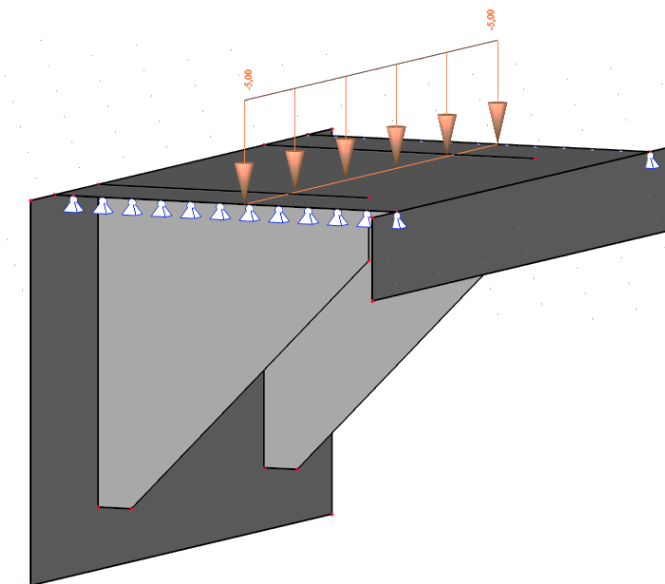
Na valobrani ekran djeluje stalno opterećenje od valobranog zidića. Na Slici 92. možemo vidjeti položaj i dimenzije valobranog zidića, te možemo dobiti opterećenje kojim zidić djeluje na valobrani ekran:

$$25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \times 0,2 \text{ m}^2 = 5,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (89)$$



Slika 92. Položaj i dimenzije valobranog zidića (Izrađeno u AutoCad-u)

Na Slici 93. prikazan je način nanošenja opterećenja od valobranog zidića.



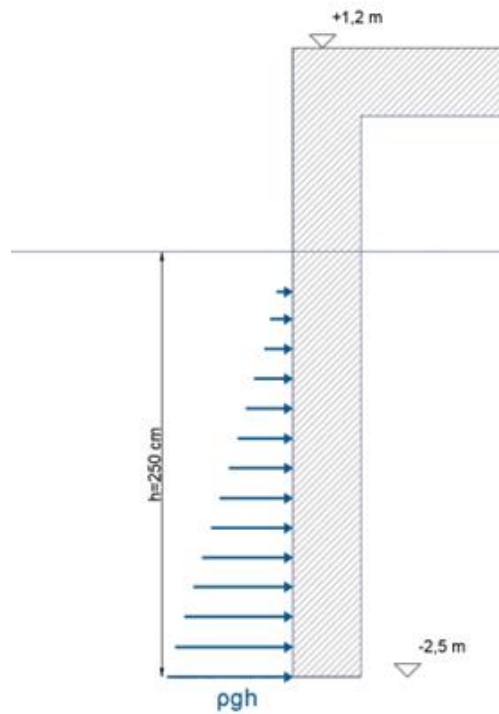
Slika 93. Opterećenje od valobranog zidića

Na dio valobranog ekrana koji je uronjen u more djeluju odizajuće sile (Slika 94.), koje se određuju prema izrazu za hidrostatički uzgon:

$$\rho \times g \times h = 1025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 2,5 \text{ m} = 25,14 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad (90)$$

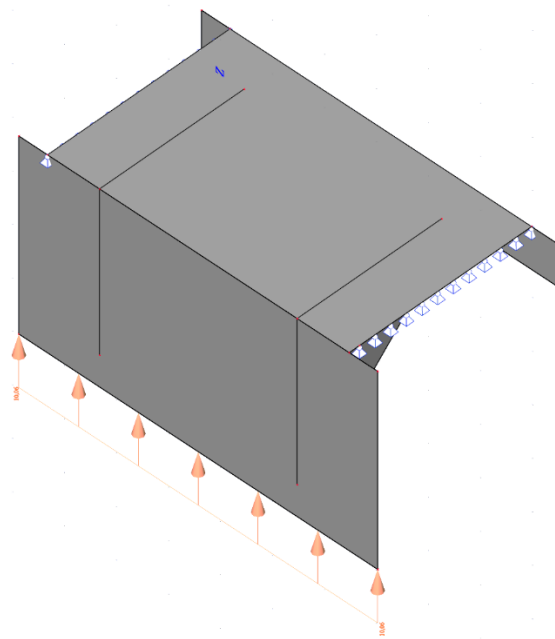
Za linijski način nanošenja hidrostatskog pristiska na donji dio valobrana zida uzimamo vrijednost:

$$25,14 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \times 0,4 \text{ m} = 10,06 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (91)$$



Slika 94. Djelovanje uzgona na konstrukciju (Izrađeno u AutoCad-u)

Na Slici 95. prikazano je djelovanje uzgona na valobrani element.

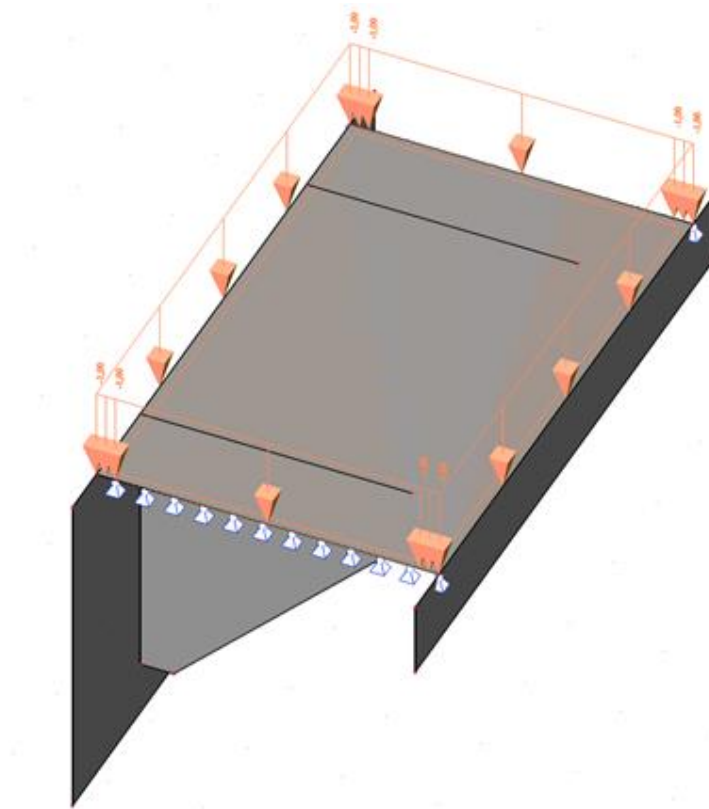


Slika 95. Opterećenje uslijed djelovanja uzgona



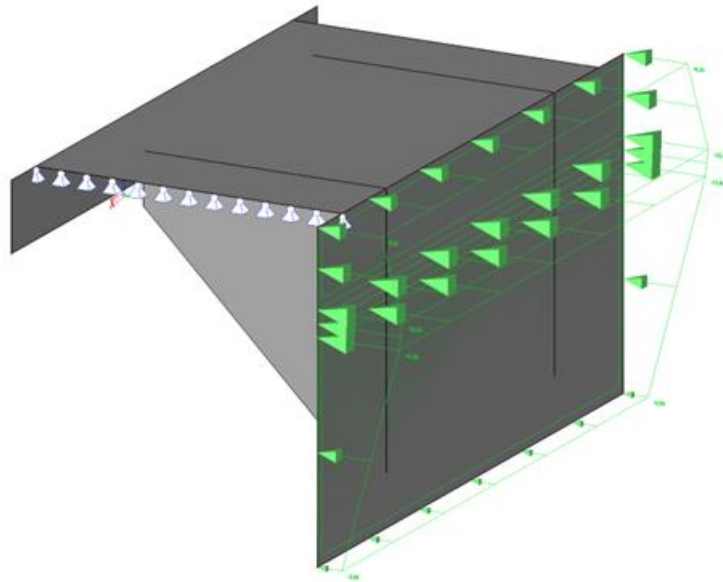
## 2. Promjenjiva djelovanja

Valobrani zidić koji je prikazan na Slici 98. izvodi se monolitno nakon ugradnje valobranog ekrana. Potrebno je uzeti u obzir opterećenje koje nastaje uslijed gradnje samog zidića tj. djelovanje ljudi, oplata, strojeva itd. Opterećenje uslijed ugradnje svježeg betona valobranog zidića je promjenjivo i iznosi  $2,00 \text{ kN/m}^2$  (Slika 96.).



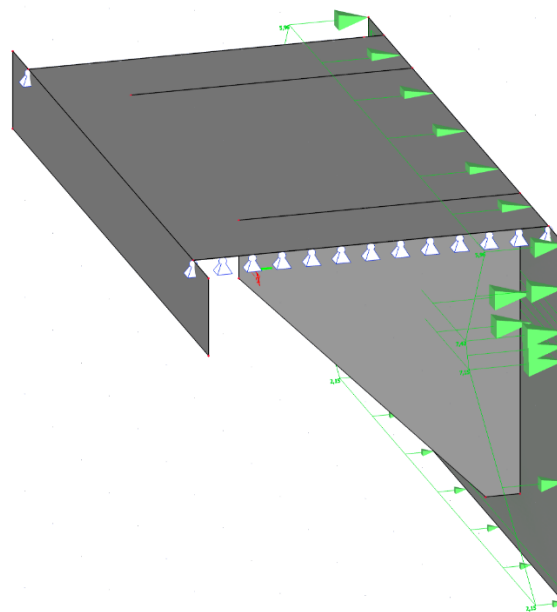
Slika 96. Opterećenje uslijed izvođenja valobranog zidića

Opterećenje od valova određeno je u prethodnim poglavljima metodom Sainflou, te se dobivene vrijednosti unose u SCIA-u (Slika 97.).



Slika 97. Opterećenje uslijed djelovanja valova s vanjske strane

Opterećenje od valova koji djeluju sa unutrašnje strane luke se ne proračunava, nego se uzima 60% vrijednosti opterećenja od vanjskih valova koji djeluju na valobrani ekran (Slika 98.).



Slika 98. Opterećenje uslijed djelovanja valova s unutrašnje strane

Radi lakšeg snalaženja opterećenja koja djeluju na valobrani element podijelit ćemo kao u Tablici 38.

*Tablica 38. Opterećenja koja djeluju na valobrani element*

|                         |     |                          |
|-------------------------|-----|--------------------------|
| stalna opterećenja      | LC1 | vlastito opterećenje     |
|                         | LC2 | uzgon                    |
|                         | LC3 | težina valobranog zidića |
| promjenjiva opterećenja | LC4 | izvođenje zidića         |
|                         | LC5 | vanjski valovi           |
|                         | LC6 | unutarnji valovi         |

Iz navedenih opterećenja potrebno je u SCIA-u uvesti kombinacije djelovanja pomoću korekcijskih faktora. (Tablice 39. i 40.)

Tablica 39. Kombinacije opterećenja za granično stanje nosivosti kod valobranog ekrana

|        |  |
|--------|--|
| COMB 1 | $1,35 \times (LC1+LC2+LC3) + 1,5 \times LC4$                   |
| COMB 2 | $1,35 \times (LC1+LC2+LC3) + 1,5 \times LC5$                   |
| COMB 3 | $1,35 \times (LC1+LC2+LC3) + 1,5 \times LC6$                   |
| COMB 4 | $1,35 \times (LC1+LC2+LC3) + 1,5 \times LC4 + 0,9 \times LC5$  |
| COMB 5 | $1,35 \times (LC1+LC2+LC3) + 1,5 \times LC4 + 0,9 \times LC6$  |
| COMB 6 | $1,35 \times (LC1+LC2+LC3) + 1,05 \times LC4 + 1,5 \times LC5$ |
| COMB 7 | $1,35 \times (LC1+LC2+LC3) + 1,05 \times LC4 + 1,5 \times LC6$ |

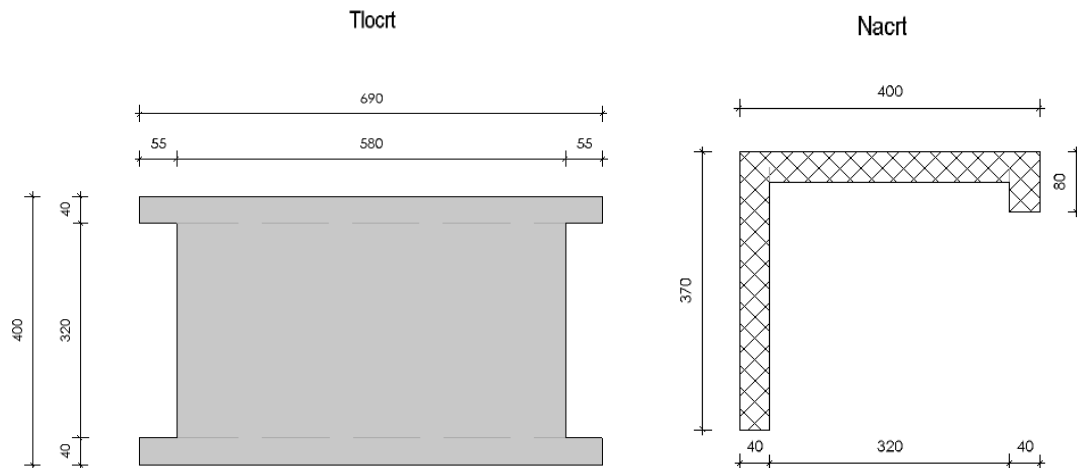
Tablica 40. Kombinacije opterećenja za granično stanje uporabljivosti kod valobranog ekrana

|         |  |
|---------|--|
| COMB 8  | $1,00 \times (LC1+LC2+LC3) + 1,00 \times LC4$                  |
| COMB 9  | $1,00 \times (LC1+LC2+LC3) + 1,00 \times LC5$                  |
| COMB 10 | $1,00 \times (LC1+LC2+LC3) + 1,00 \times LC6$                  |
| COMB 11 | $1,00 \times (LC1+LC2+LC3) + 1,00 \times LC4 + 0,6 \times LC5$ |
| COMB 12 | $1,00 \times (LC1+LC2+LC3) + 1,00 \times LC4 + 0,6 \times LC6$ |
| COMB 13 | $1,00 \times (LC1+LC2+LC3) + 0,7 \times LC4 + 1,00 \times LC5$ |
| COMB 14 | $1,00 \times (LC1+LC2+LC3) + 0,7 \times LC4 + 1,00 \times LC6$ |

U nastavku će biti prikazani dobiveni rezultati za različite varijante valobrana tipa 3.

### 8.2.1. Varijanta 1 – Valobrani ekran bez rebara

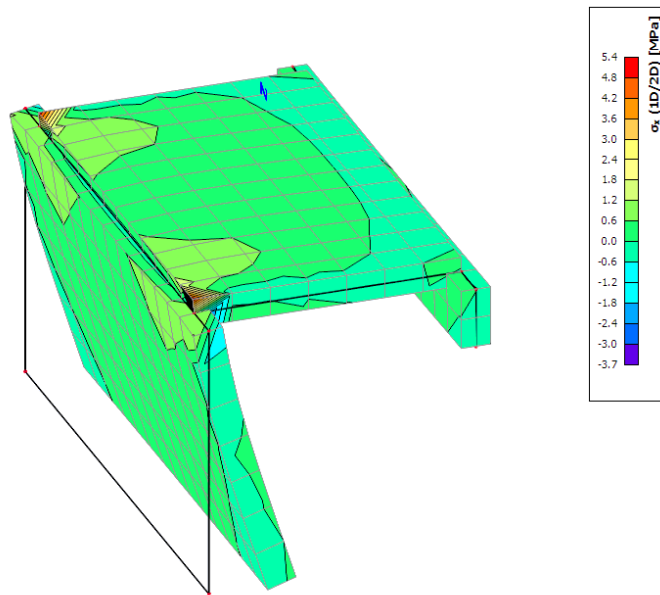
Dimenzije valobrana bez rebara prikazane su na Slici 99.



Slika 99. Dimenzije valobranog ekrana bez rebara (*Izrađeno u Allplan-u*)

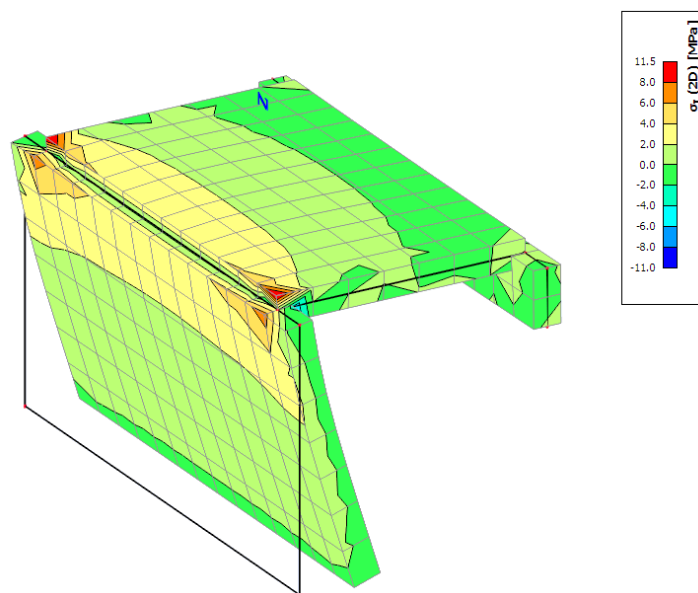
Nakon provedenog proračuna u SCIA-i prema prethodnim uputama možemo dobiti naprezanja na valobranog ekranu, pomake u konstrukciji i potrebnu armaturu.

Naprezanja na osi x maksimalna su kod kombinacije 2 i najveća su na rubnim dijelovima spoja ploče i zida. (Slika 100.)



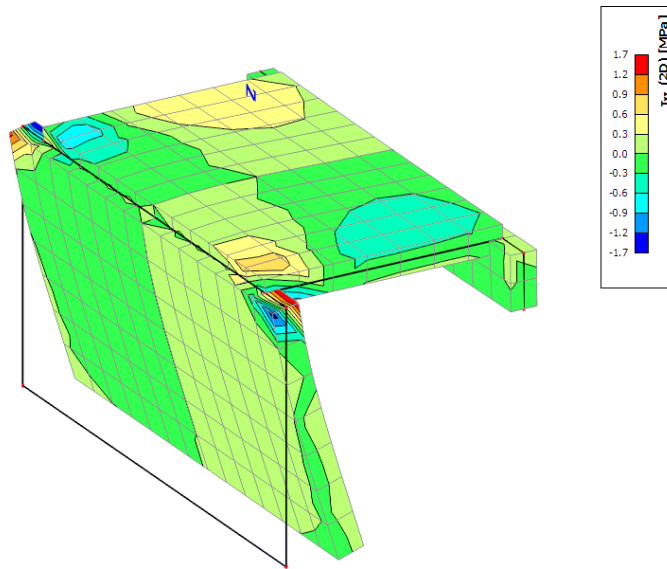
Slika 100. Maksimalna naprezanja  $\sigma_x$  za varijantu 1

Naprezanja duž osi y veća su od onih na osi x. Također, najveća su na rubnim dijelovima ploče za kombinaciju 6. (Slika 101.)



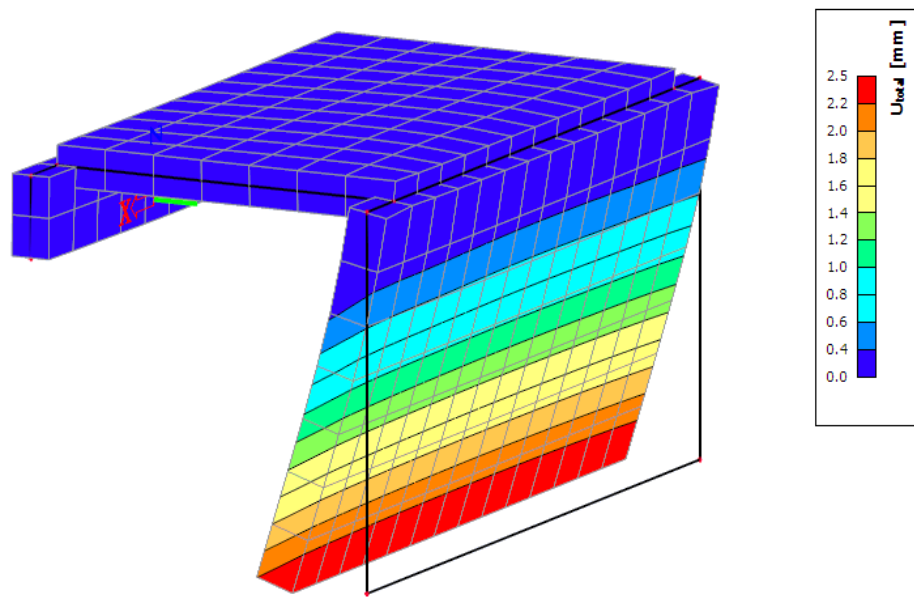
Slika 101. Maksimalna naprezanja  $\sigma_y$  za varijantu 1

Posmična naprezanja  $\tau_{xy}$  koja su prikazana na Slici 102. najveća su za kombinaciju 13 na gornjem rubu armiranobetonskog zida.



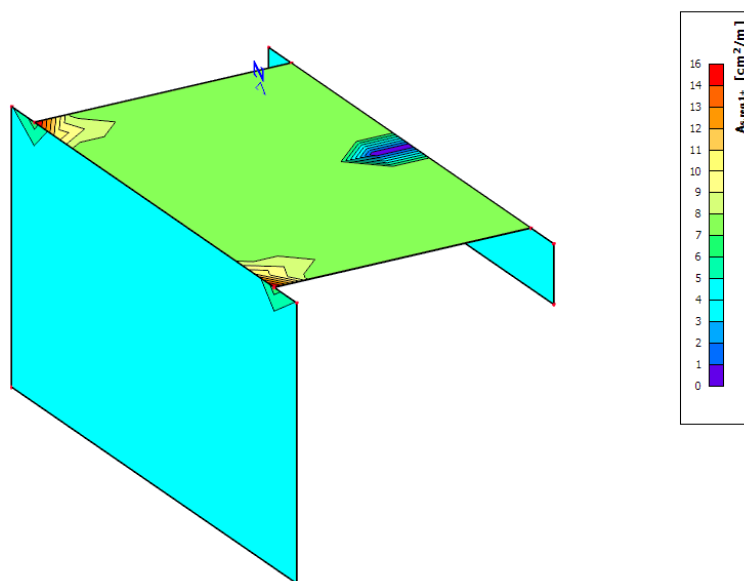
Slika 102. Maksimalna naprezanja  $\tau_{xy}$  za varijantu 1

Najveće deformacije za varijantu 1 valobranog ekrana pojavljuju se pri djelovanju kombinacije 9. Na Slici 103. možemo vidjeti da se valobrani ekran najviše deformira na dnu zida, koji se u tom slučaju ponaša kao konzola.



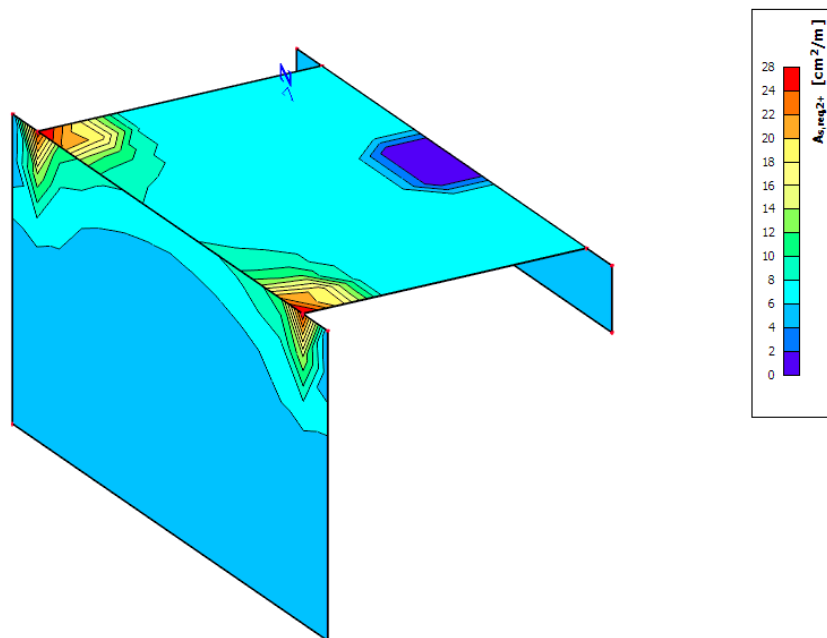
Slika 103. Maksimalne deformacije za varijantu 1

Minimalna potrebna armatura za gornju zonu u uzdužnom i poprečnom smjeru prikazana je na Slikama 104. i 105.



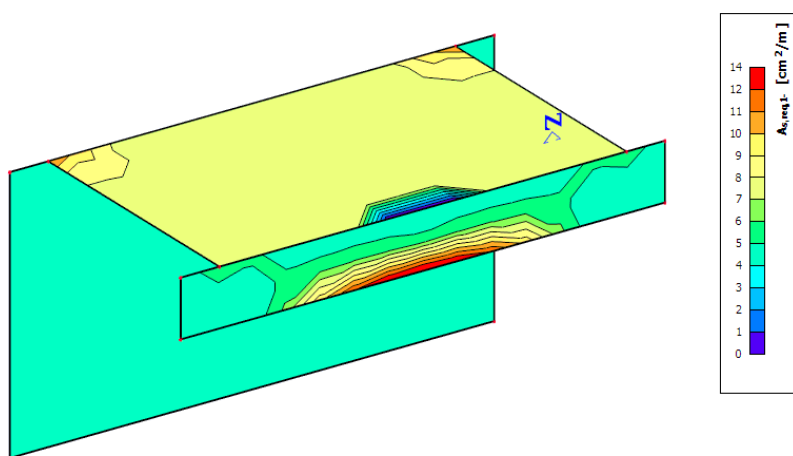
Slika 104. Potrebna uzdužna armatura za gornju zonu za varijantu 1



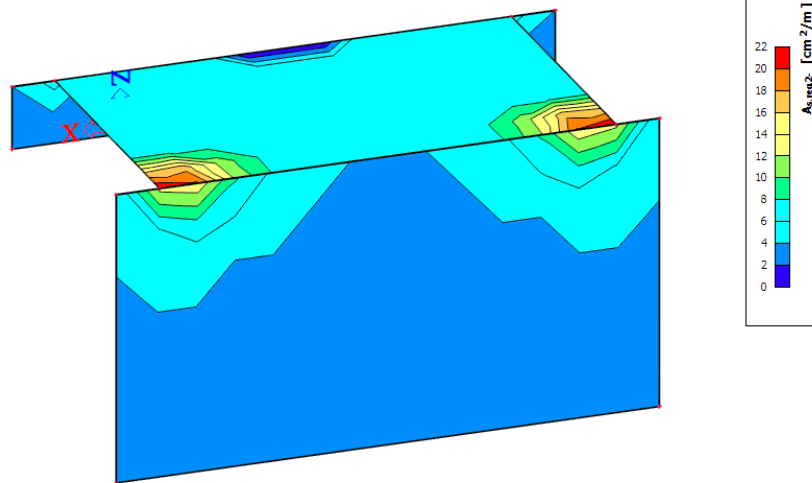


Slika 105. Potrebna poprečna armatura za gornju zonu za varijantu 1

Na Slikama 106. i 107. dana je minimalna potrebna armatura donje zone za uzdužni i poprečni smjer.



Slika 106. Potrebna uzdužna armatura za donju zonu za varijantu 1

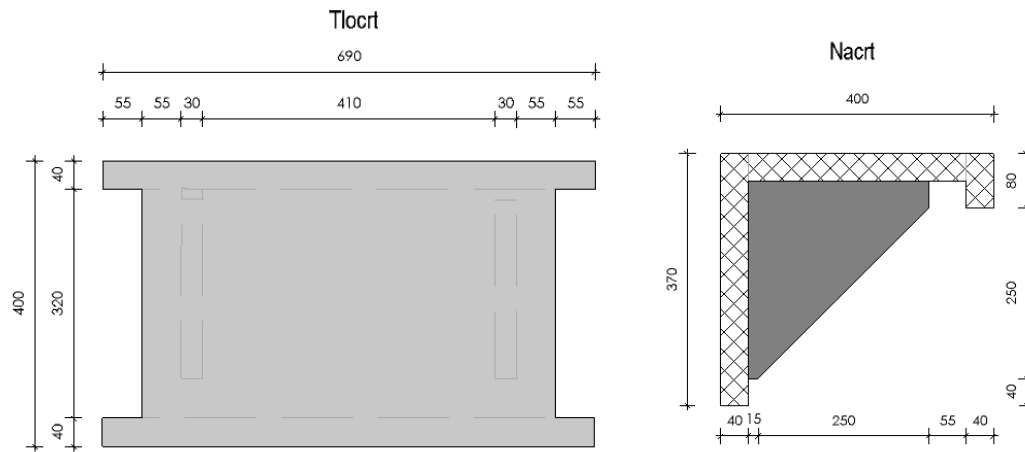


Slika 107. Potrebna poprečna armatura za donju zonu za varijantu 1

Kod valobranog ekrana koji nema rebra možemo zaključiti da se najveća naprezanja pojavljuju na rubovima ploče i zida te njihovom spoju, te taj dio konstrukcije zahtijeva postavljanje veće količine armature nego ostali dijelovi konstrukcije.

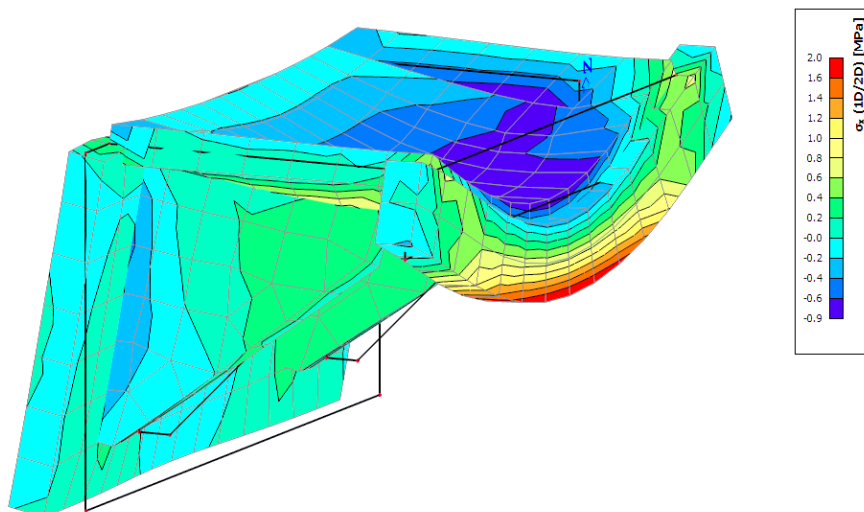
#### 8.2.2. Varijanta 2 – Valobrani sa rebrima udaljenima 70 cm od ruba

Dimenzije valobrana sa rebrima čije je težište udaljeno 70 cm od ruba valobranog ekrana prikazane su na Slici 108.



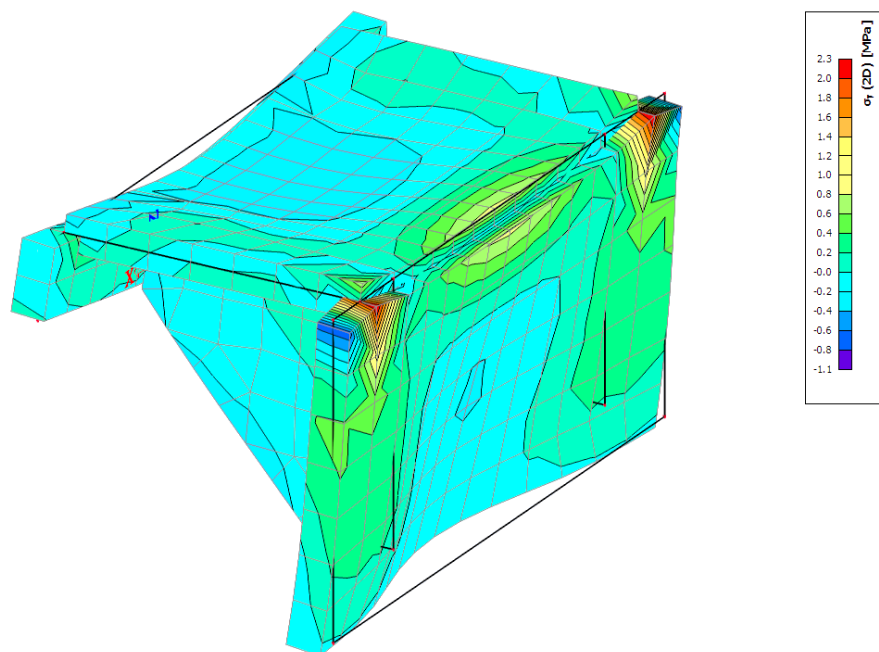
Slika 108. Dimenzije valobranog ekrana bez rebara (Izrađeno u Allplan-u)

Nakon provedenog proračuna dobivamo da su naprezanja na osi x najveća kod kombinacije 5 i to na središnjem dijelu armiranobetonskog vijenca. (Slika 109.)



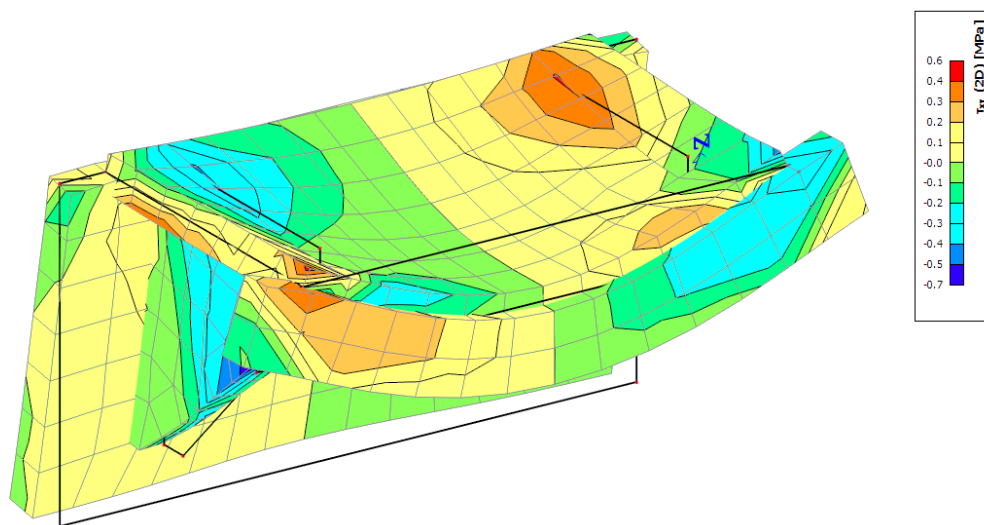
Slika 109. Maksimalna naprezanja  $\sigma_x$  za varijantu 2

Naprezanja duž osi y najveća su za kombinaciju 6 na gornjem rubu armiranobetonskog zida pri spoju s pločom. (Slika 110.)



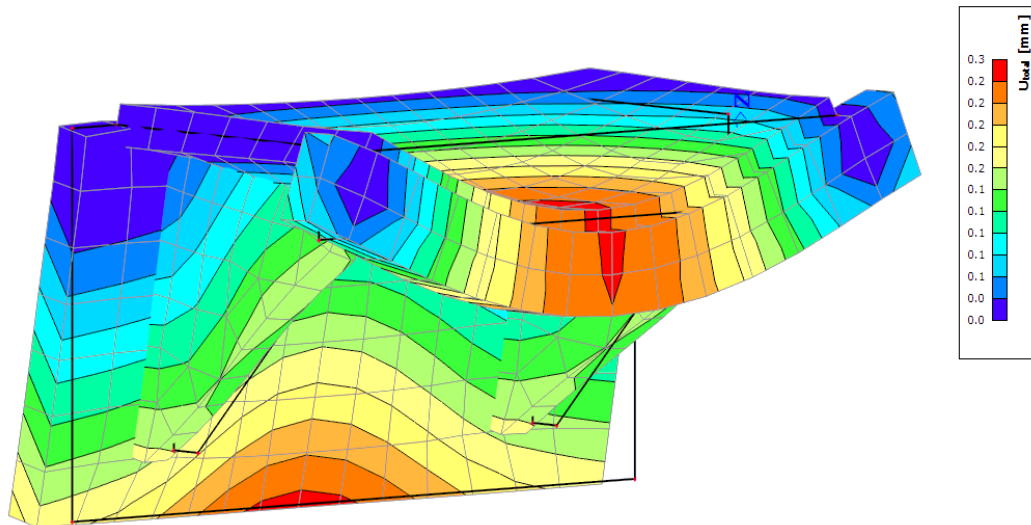
Slika 110. Maksimalna naprezanja  $\sigma_y$  za varijantu 2

Posmična naprezanja  $\tau_{xy}$  koja su prikazana na Slici 111. najveća su na spoju armiranobetonske ploče i vijenca za kombinaciju 3.



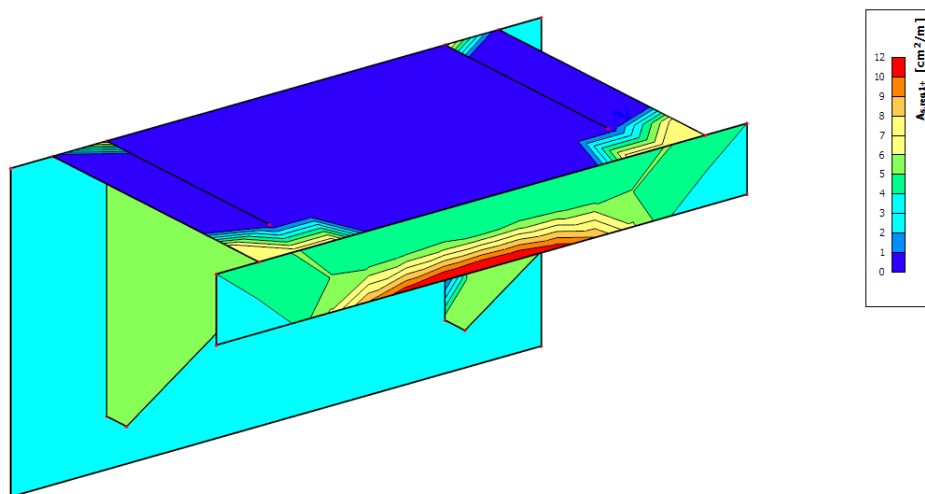
Slika 111. Maksimalna naprezanja  $\tau_{xy}$  za varijantu 2

Najveće deformacije za varijantu 2 valobranog ekrana pojavljuju se na središnjem dijelu valobranog ekrana za djelovanje kombinacije 23. (Slika 112.)

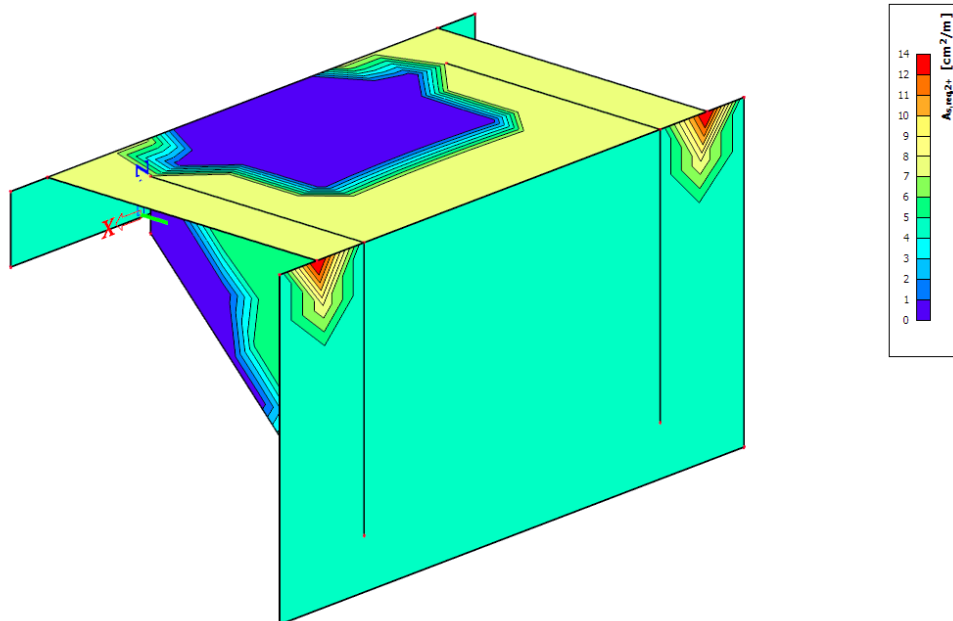


Slika 112. Maksimalne deformacije za varijantu 2

Minimalna potrebna armatura za gornju zonu u uzdužnom i poprečnom smjeru za varijantu valobrana 2 dana je na Slikama 113 i 114.

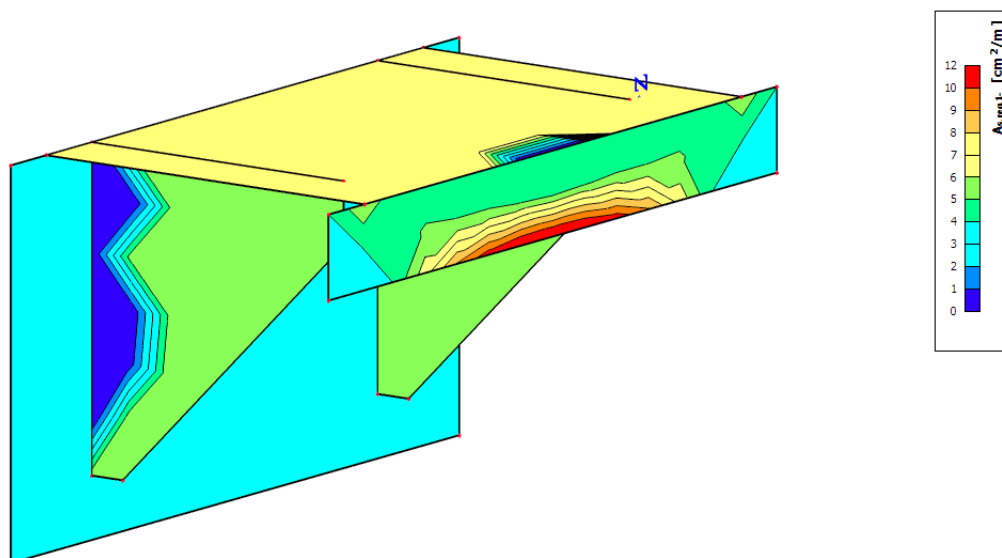


Slika 113. Potrebna uzdužna armatura za gornju zonu za varijantu 2

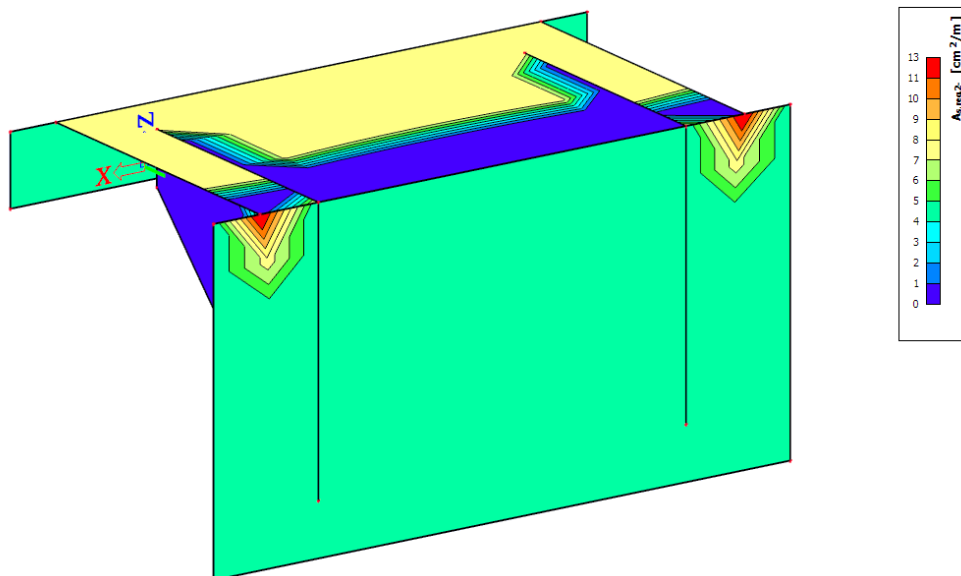


Slika 114. Potrebna poprečna armatura za gornju zonu za varijantu 2

Na Slikama 115. i 116. dana je minimalna potrebna armatura donje zone za uzdužni i poprečni smjer.



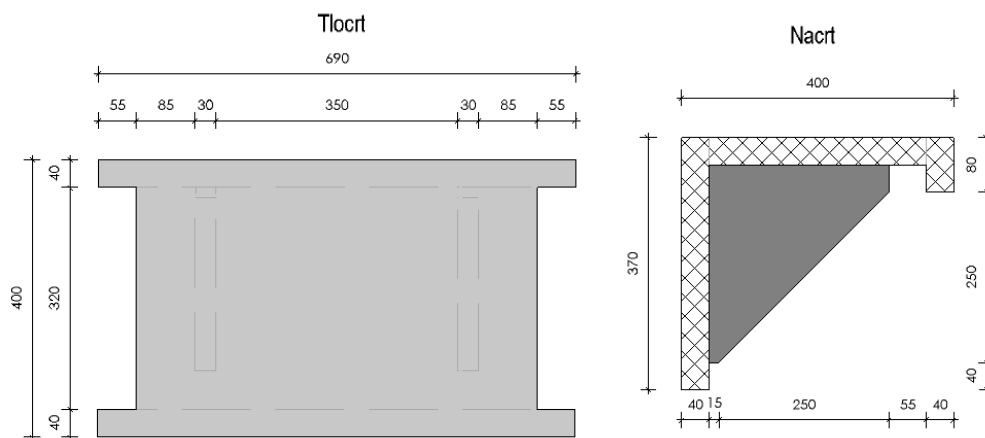
Slika 115. Potrebna uzdužna armatura za donju zonu za varijantu 2



Slika 116. Potrebna poprečna armatura za donju zonu za varijantu 2

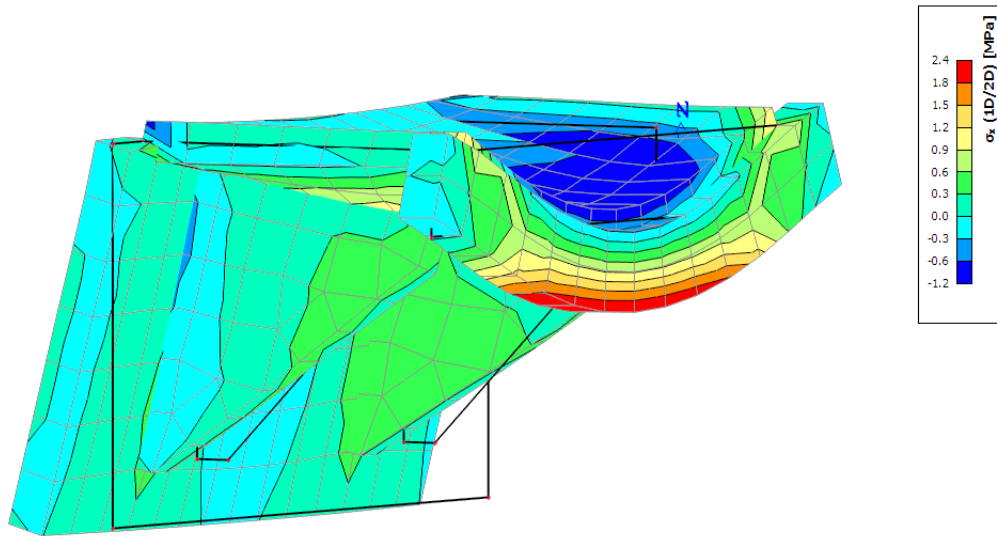
### 8.2.3. Varijanta 3 – Valobrani sa rebrima udaljenima 100 cm od ruba

Dimenzije valobrana čije je težište udaljeno 70 cm od ruba valobranog ekan prikazane su na Slici 117.



Slika 117. Dimenzije valobranog ekrana za varijantu 3 (Izrađeno u Allplan-u)

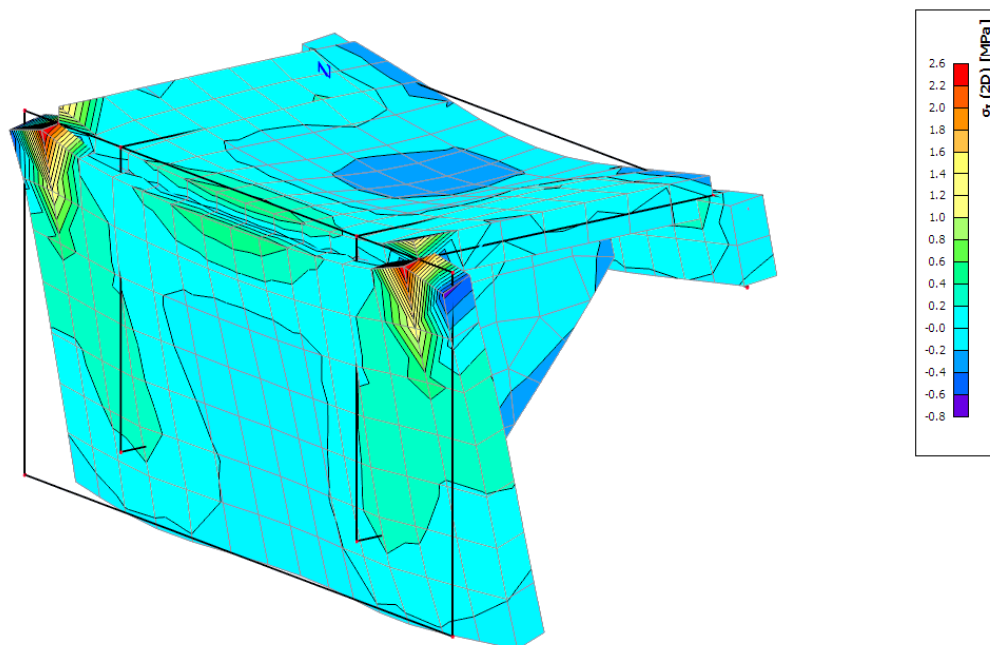
Nakon provedenog proračuna dobivamo da su napreznja na osi x najveća kod kombinacije 7 i to na središnjem dijelu armiranobetonskog vijenca. (Slika 118.)



Slika 118. Maksimalna napreznja  $\sigma_x$  za varijantu 3

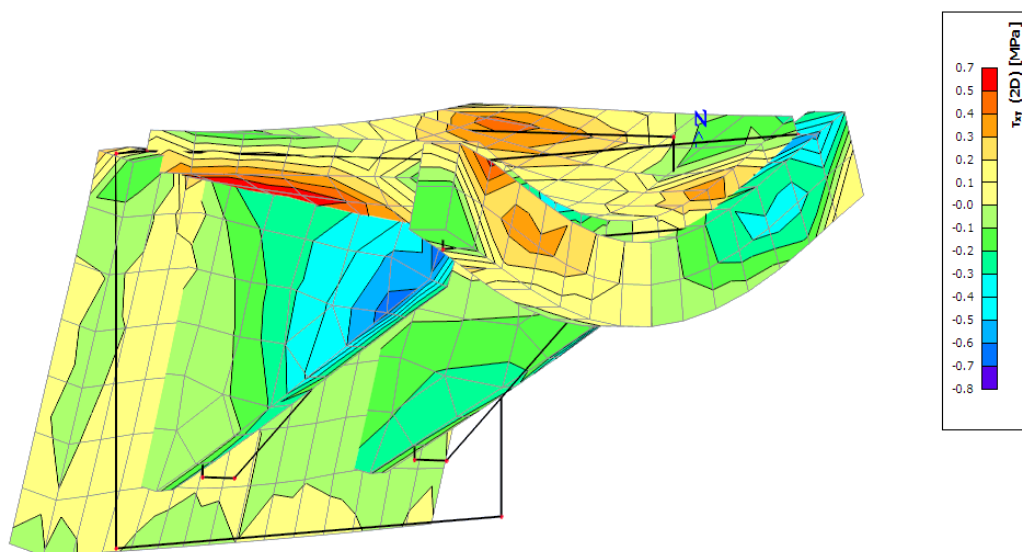
Napreznja duž osi y najveća su za kombinaciju 6 na gornjem rubu armiranobetonskog zida pri spoju s pločom. (Slika 119.)





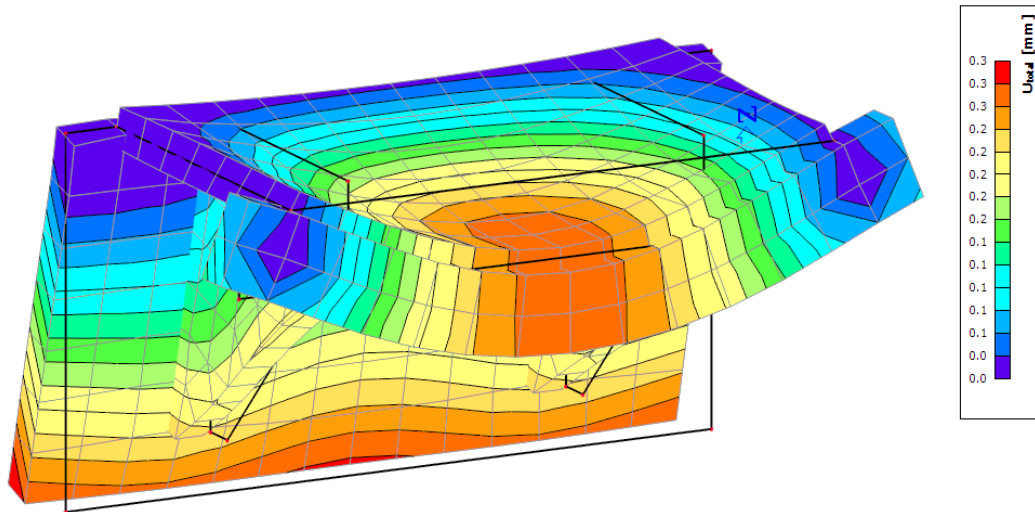
Slika 119. Maksimalna naprezanja  $\sigma_y$  za varijantu 3

Posmična naprezanja  $\tau_{xy}$  koja su prikazana na Slici 120. najveća su na rubnim dijelovima ploče i to za kombinaciju 7.



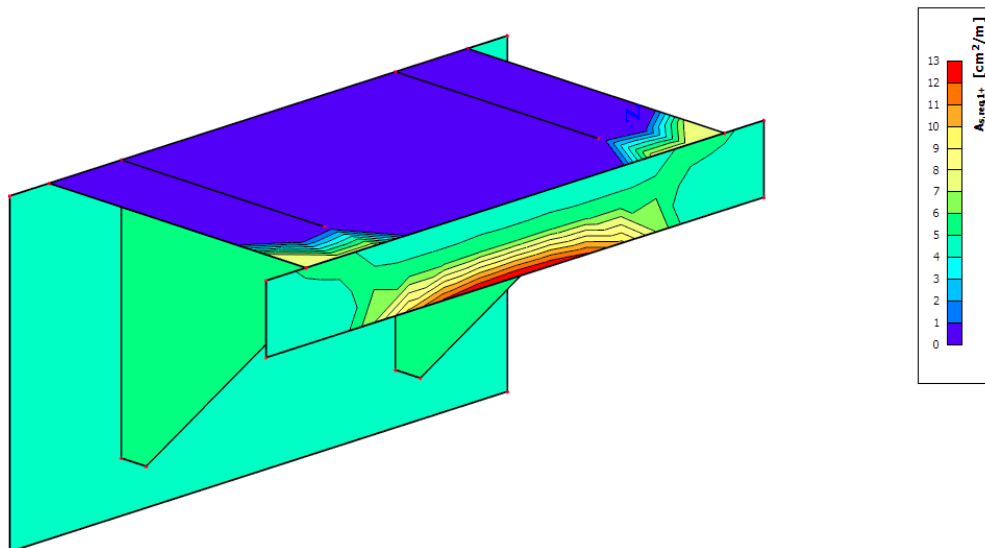
Slika 120. Maksimalna naprezanja  $\tau_{xy}$  za varijantu 3

Najveće deformacije za varijantu 3 valobranog ekrana pojavljuju se na središnjem dijelu armiranobetonskog vijenca i ploče te na donjem dijelu zida pri kombinaciji 14. (Slika 121.)

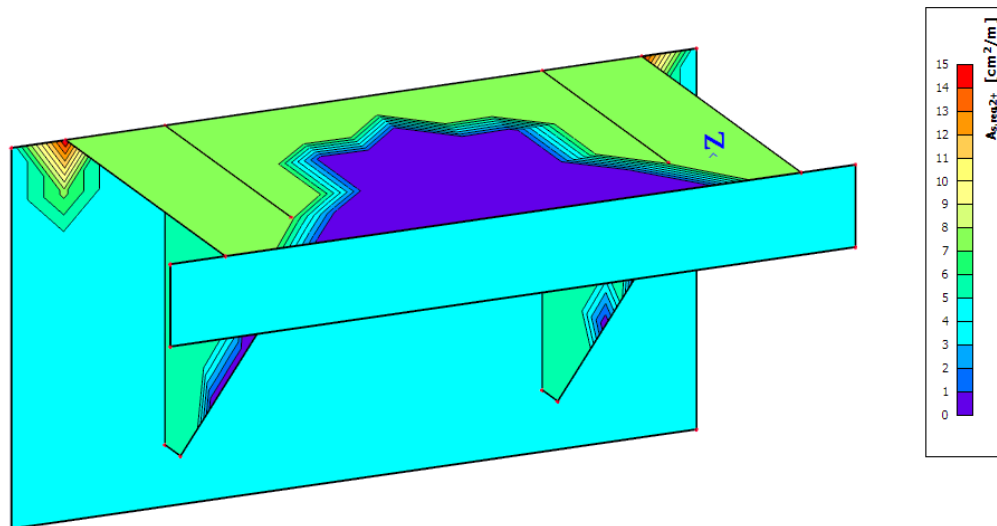


Slika 121. Maksimalne deformacije za varijantu 3

Minimalna potrebna armatura za gornju zonu u uzdužnom i poprečnom smjeru za varijantu valobrana 3 dana je na Slikama 122 i 123.

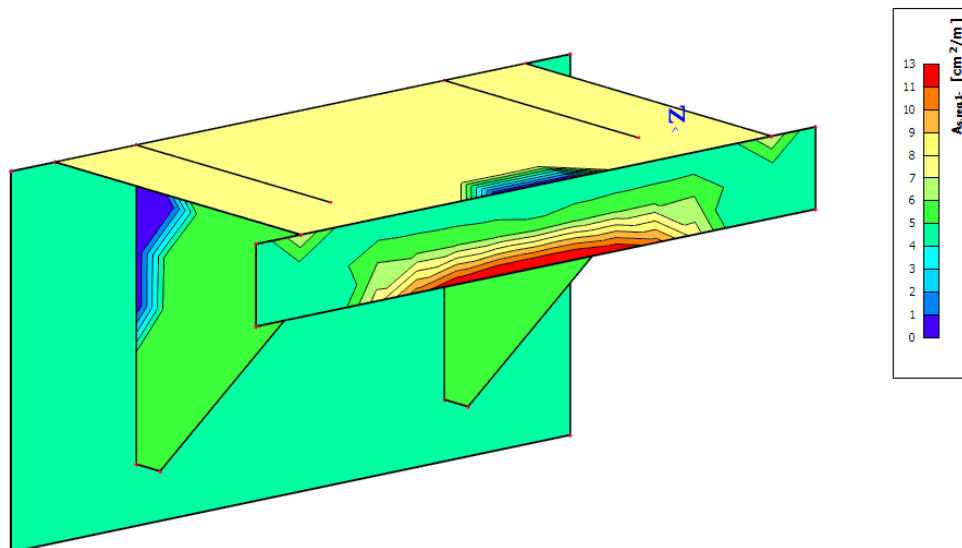


Slika 122. Potrebna uzdužna armatura za gornju zonu za varijantu 3

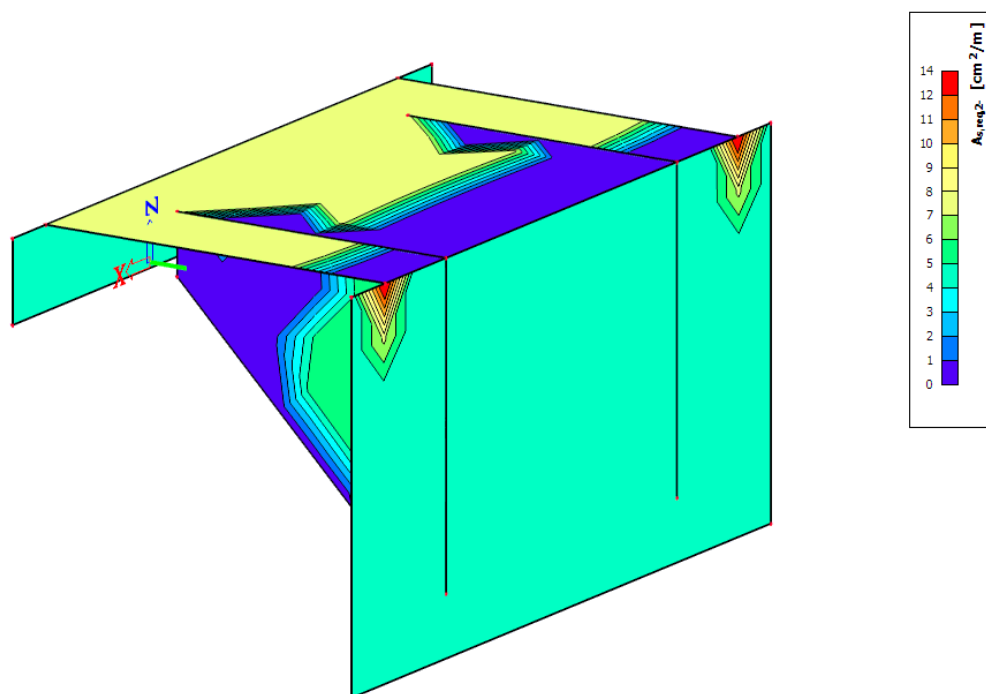


Slika 123. Potrebna poprečna armatura za gornju zonu za varijantu 3

Na Slikama 124. i 125. dana je minimalna potrebna armatura donje zone za uzdužni i poprečni smjer za valobrani ekran varijante 3.



Slika 124. Potrebna uzdužna armatura za donju zonu za varijantu 3



Slika 125. Potrebna poprečna armatura za donju zonu za varijantu 3

### 8.2.3. Usporedba rezultata

Dobivene vrijednosti napreznja deformacije i potrebne armature nalaze se u Tablici 41.

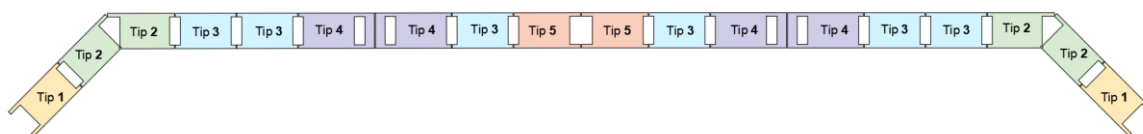
Tablica 41. Rezultati za različite varijante valobrana

|                       |                    | varijanta 1 | varijanta 2 | varijanta 3 |
|-----------------------|--------------------|-------------|-------------|-------------|
| deformacija utot      | mm                 | 2,50        | 0,30        | 0,30        |
| napreznja $\sigma_x$  | MPa                | 5,40        | 2,00        | 2,40        |
| napreznja $\sigma_y$  | MPa                | 11,50       | 2,30        | 2,60        |
| napreznja $\tau_{xy}$ | MPa                | 1,70        | 0,60        | 0,70        |
| $A_{s,req, 1 +}$      | cm <sup>2</sup> /m | 16,00       | 12,00       | 13,00       |
| $A_{s,req, 2 +}$      | cm <sup>2</sup> /m | 28,00       | 14,00       | 15,00       |
| $A_{s,req, 1 -}$      | cm <sup>2</sup> /m | 14,00       | 12,00       | 13,00       |
| $A_{s,req, 2 -}$      | cm <sup>2</sup> /m | 22,00       | 13,00       | 14,00       |

Kod varijante 2 valobranog ekrana čije je težište udaljeno 70 cm od ruba valobranog ekrana možemo vidjeti da su naprezanja i deformacije manje nego kod varijante 1 valobranog ekrana koja nema armiranobetonska rebra. Također, varijanti 2 bit će potrebna manja armatura nego što je to za ekran koji nema rebra. Razlika u armaturi najviše dolazi do izražaja u poprečnom smjeru, gdje je valobranom ekranu koji nema rebra potrebno skoro dvostruko više armature. Kod varijante 3 valobranog ekrana rebra su više pomaknuta prema sredini valobranog ekrana u odnosu na varijantu 2. Razlike u rezultatima dobivenima kod varijante 2 i varijante 3 nisu značajne, ali je vidljivo da su naprezanja kod varijante 3 veća. Pomicanjem rebra prema središtu ekrana povećavaju se naprezanja i deformacije na rubovima ekrana. Rebra valobranog ekrana ne smiju biti preblizu ruba ekrana jer se valobran postavlja na naglavnu konstrukciju, te bi postavljanje bilo otežano. Možemo zaključiti da je valobranom ekranu svakako korisno postaviti rebra jer se time pospješuju njegove karakteristike. Kao optimalan položaj rebara odabrana je varijanta 2 valobranog ekrana pa će težište rebra kod svih tipova valobranih ekrana biti odmaknuta za 70 cm od ruba ekrana.

### 8.3. Proračun valobranog ekrana

Nakon što smo odabrali zadovoljavajući položaj armiranobetonskih rebara potrebno je provesti proračun ostalih valobranih ekrana. Na Slici 126. možemo vidjeti raspodjelu valobranih ekrana ovisno i njihovim dimenzijama.

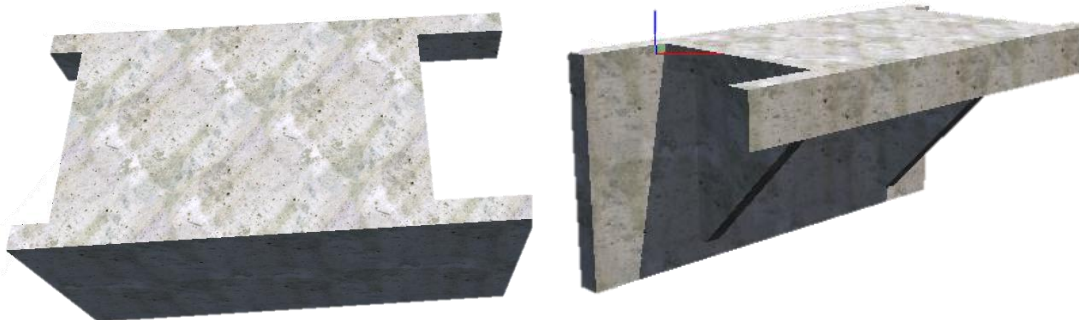


Slika 126. raspodjela valobranih ekrana (Izrađeno u AutoCad-u)

Proračun valobranih ekrana provest će se za fazu izgradnje i navest će se potrebna armatura za svaki valobrani ekran. Svi valobrani ekrani imaju debljinu stijenke od 40 cm i građeni su od betona C35/45, te se koristi armatura B500B. Svi valobrani ekrani opterećeni su istim opterećenjem (Tablica 38.) i koriste se kombinacije iz Tablica 39. i 40.

### 8.3.1. Valobrani ekran tipa 1

Oblik Valobranog ekrana tipa 1 možemo vidjeti na Slici 127., a njegove tlocrtnne dimenzije prikazane su na Slici 128.

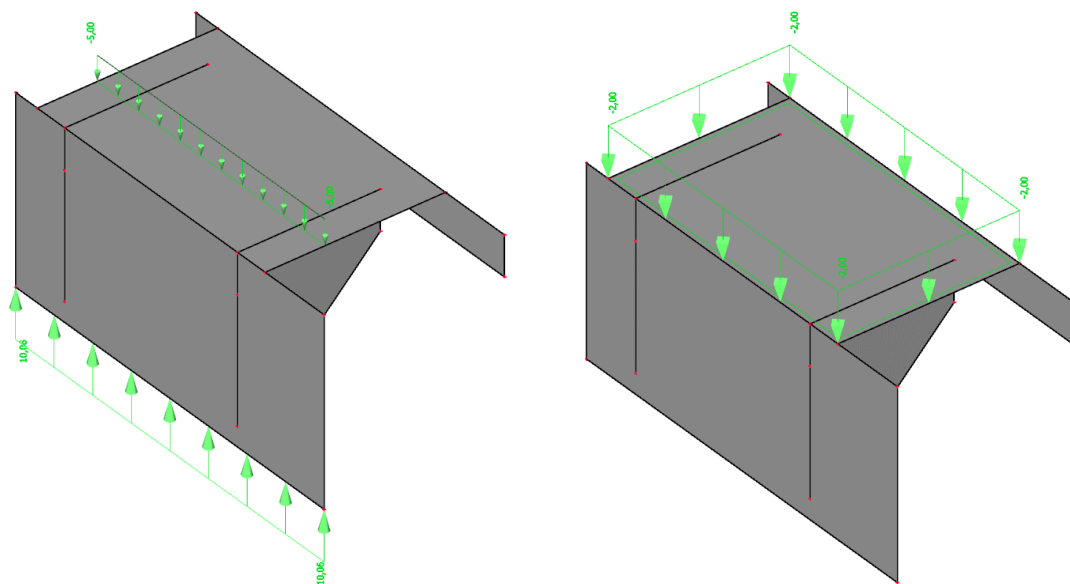


Slika 127. 3D prikaz valobranog ekrana tipa 1 *(Izrađeno u Allplan-u)*

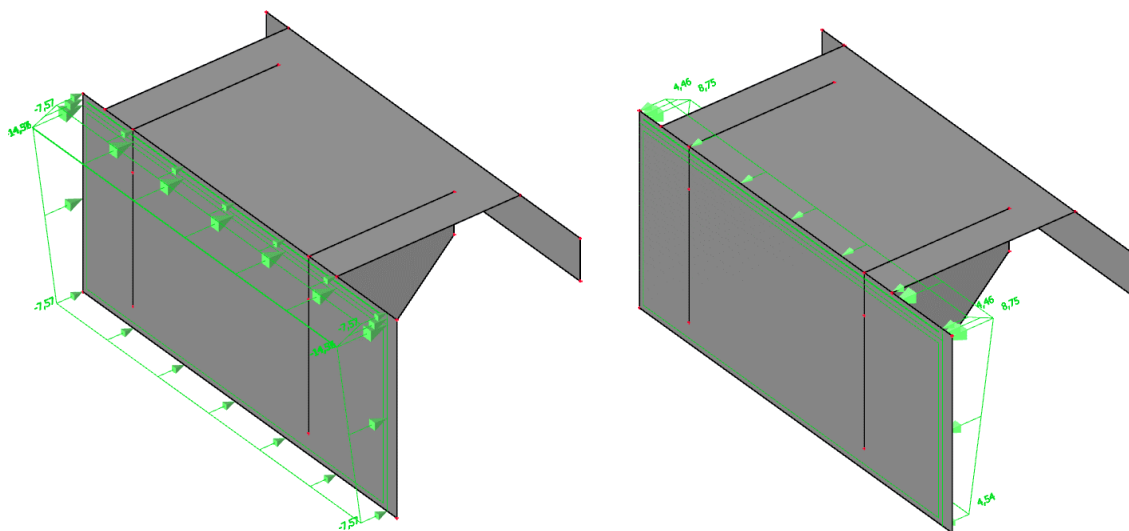


Slika 128. Dimenzije valobranog ekrana tipa 1 (Izrađeno u Allplan-u)

Na Slikama 129. i 130. prikazano je stalno i korisno opterećenje te opterećenja uslijed djelovanja valova.

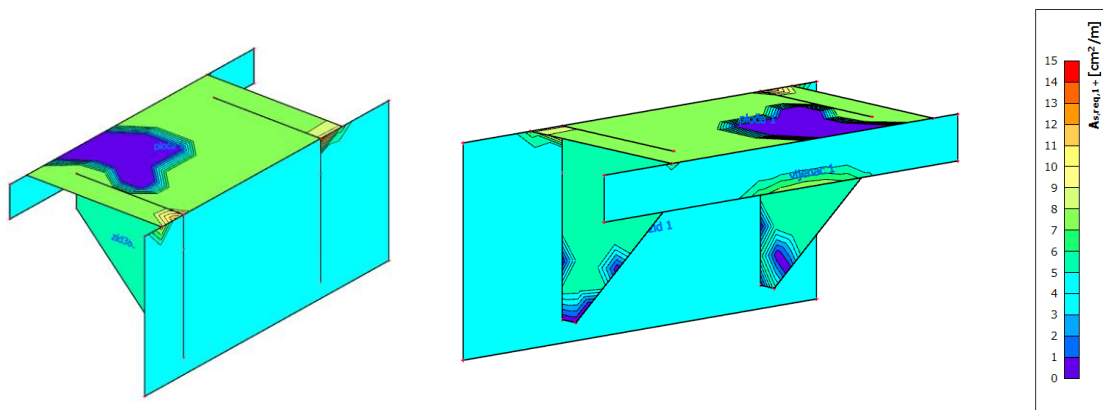


Slika 129. Stalno i korisno opterećenje na valobran tipa 1



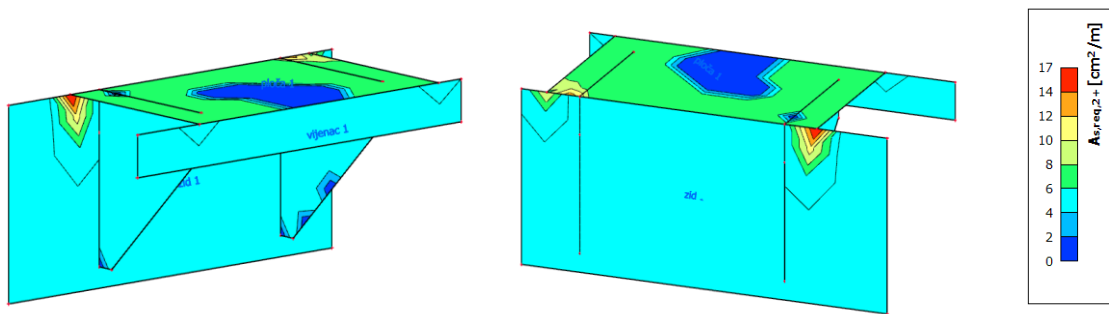
Slika 130. Opterećenje uslijed vanjskih i unutrašnjih valova na valobran tipa 1

Na Slikama 131. i 132. prikazana je potrebna uzdužna i poprečna armatura za gornju zonu valobranog ekrana, dok se na Slikama 133. i 134. nalazi potrebna armatura za donju zonu.

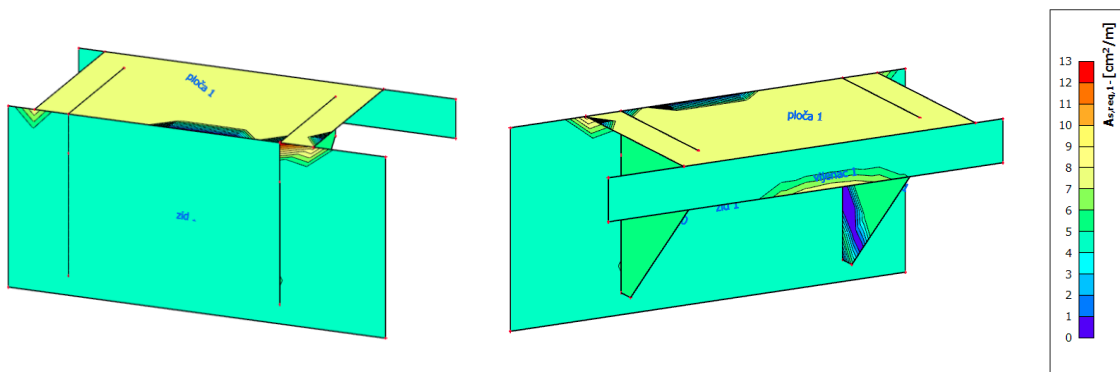


Slika 131. Potrebna uzdužna armatura za gornju zonu valobranog ekrana tipa 1

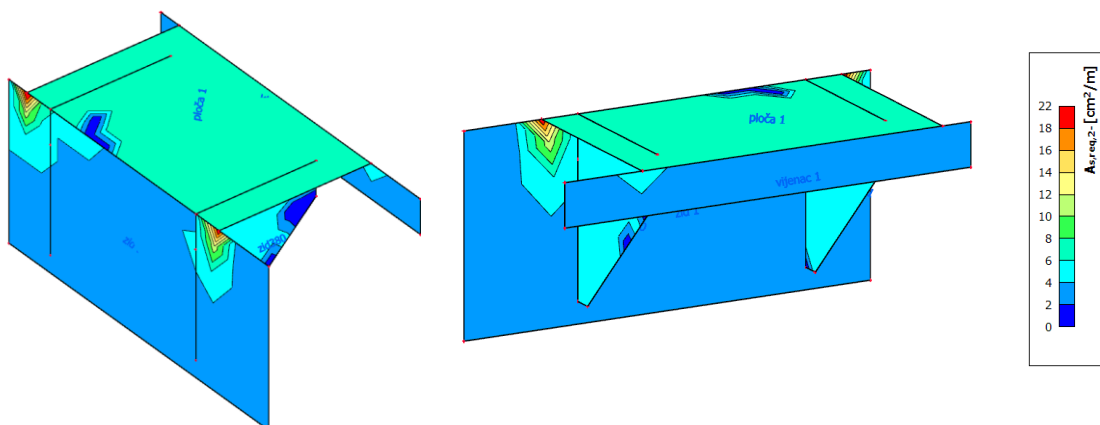




Slika 132. Potrebna poprečna armatura za gornju zonu valobranog ekrana tipa 1



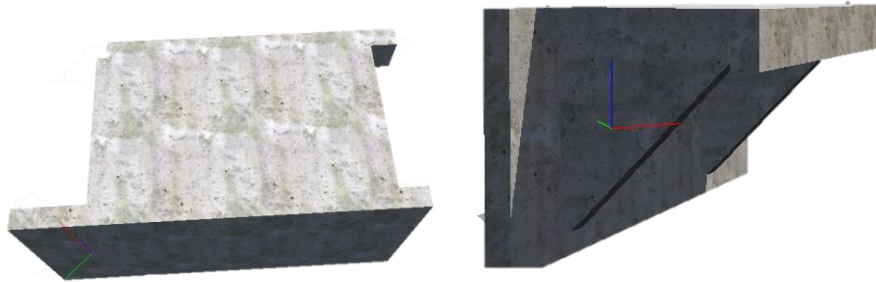
Slika 133. Potrebna uzdužna armatura za donju zonu valobranog ekrana tipa 1



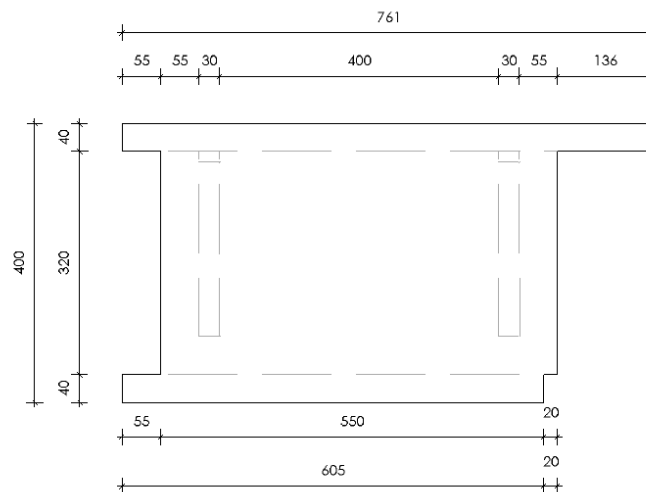
Slika 134. Potrebna poprečna armatura za donju zonu valobranog ekrana tipa 1

### 8.3.2. Valobrani ekran tipa 2

Na Slici 135. prikazan je 3D oblik valobranog ekrana tipa 2, dok su njegove dimenzije označene na Slici 136.

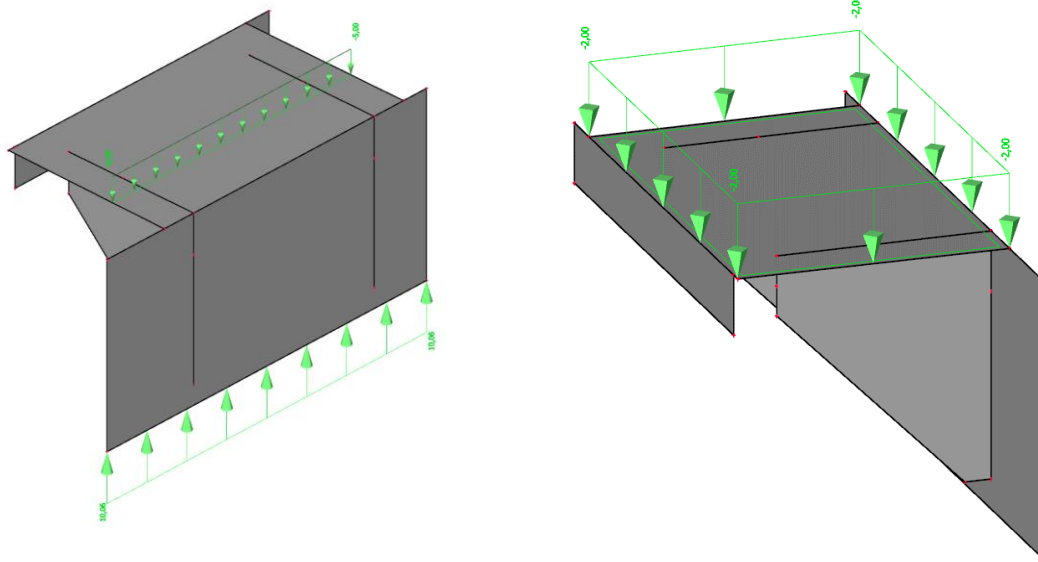


Slika 135. 3D prikaz valobranog ekrana tipa 2 (Izrađeno u Allplan-u)

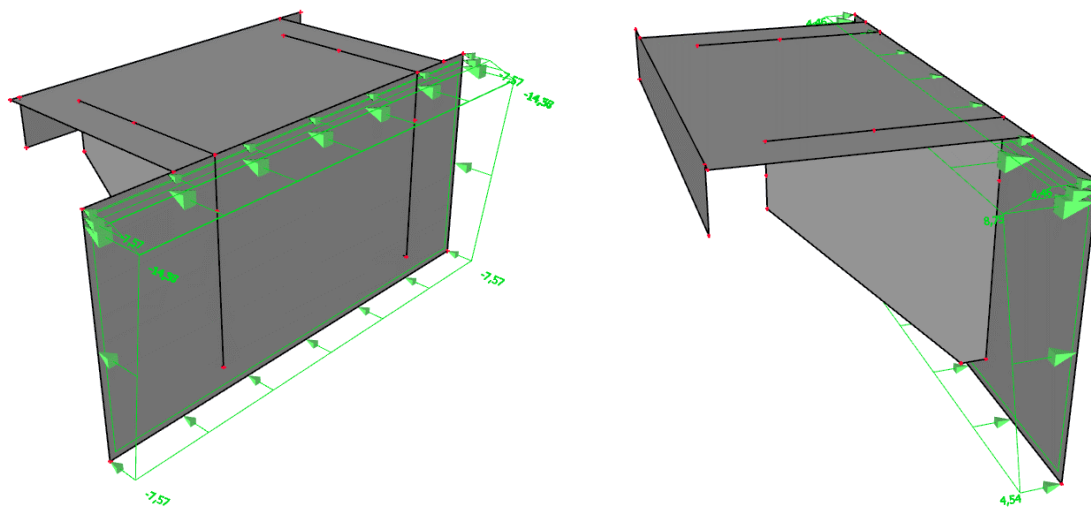


Slika 136. Dimenzija valobranog ekrana tipa 2 (Izrađeno u Allplan-u)

Na Slikama 137. i 138. prikazano je stalno i korisno opterećenje i opterećenja uslijed djelovanja valova.

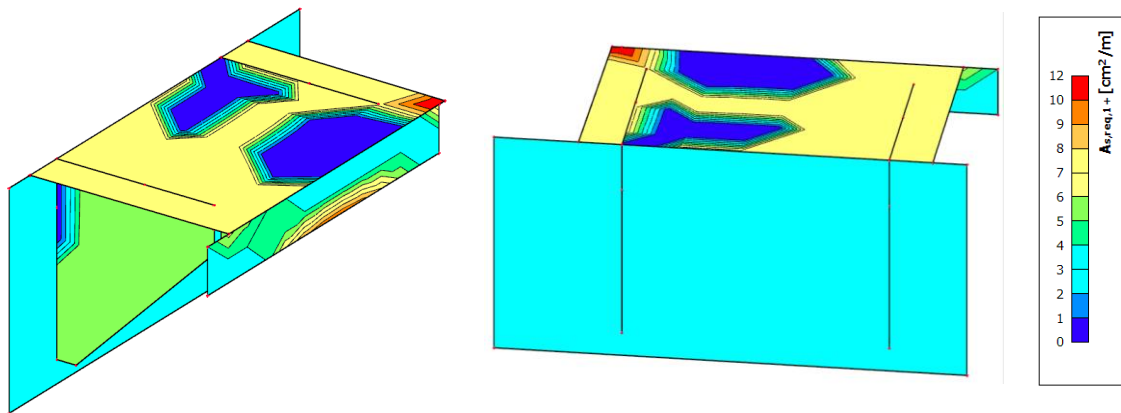


Slika 137. Stalno i korisno opterećenje na valobran tipa 2

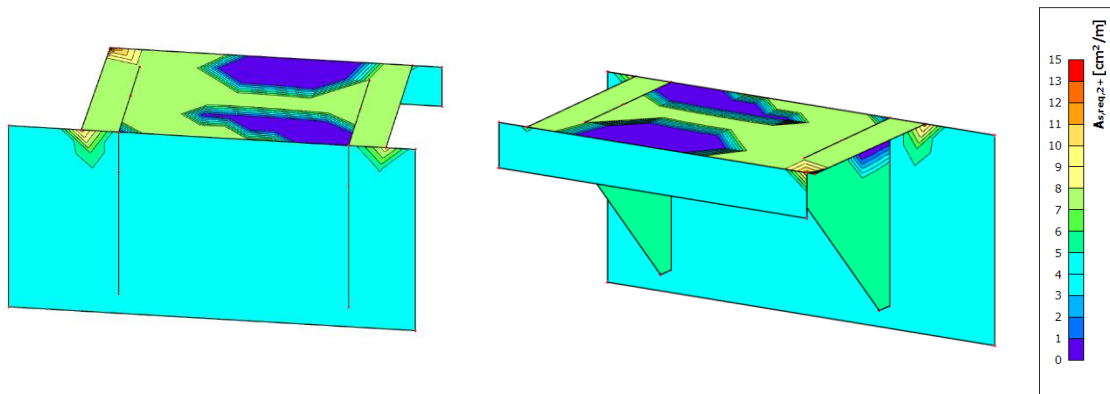


Slika 138. Opterećenje uslijed djelovanja valova na valobran tipa 2

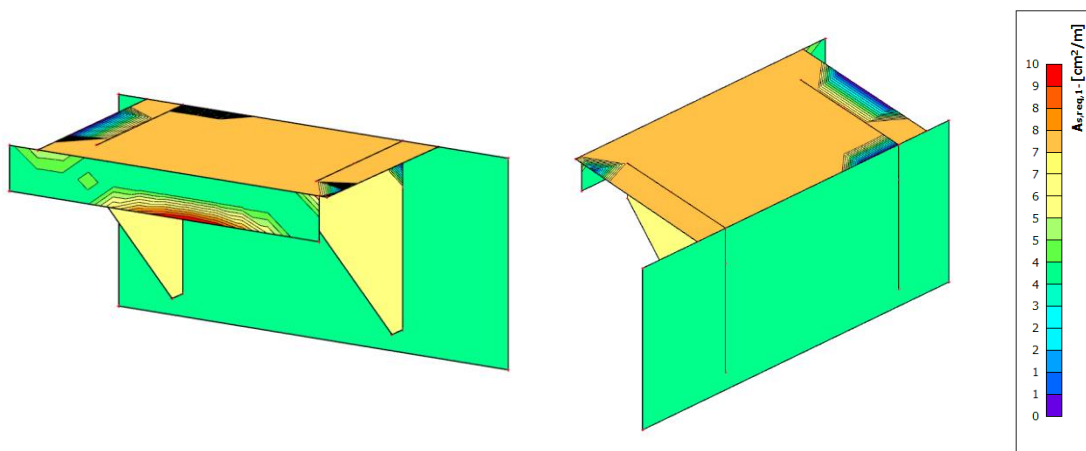
Na Slikama 139. i 140. označena je potrebna količina uzdužne i poprečne armatura za gornju zonu valobranog ekrana, a potrebna količina armature za donju zonu prikazana je na Slikama 141. i 142.



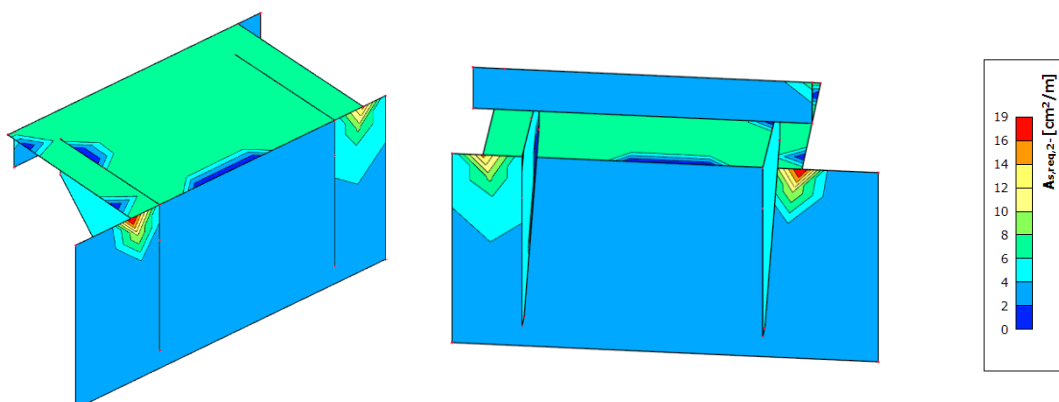
Slika 139. Potrebna uzdužna armatura za gornju zonu valobranog ekrana tipa 2



Slika 140. Potrebna poprečna armatura za gornju zonu valobranog ekrana tipa 2



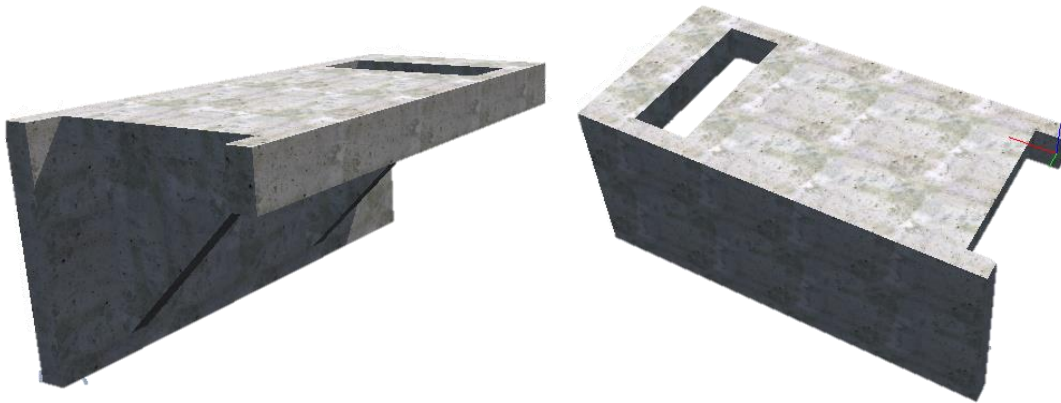
Slika 141. Potrebna uzdužna armatura za donju zonu valobranog ekrana tipa 2



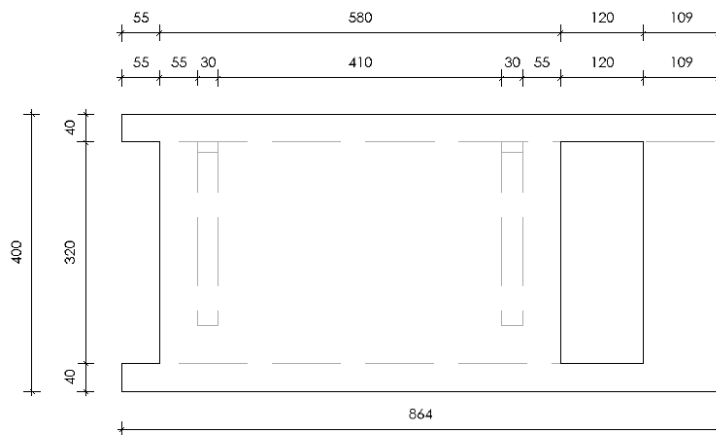
Slika 142. Potrebna poprečna armatura za donju zonu valobranog ekrana tipa 2

### 8.3.3. Valobrani ekran tipa 4

Oblik Valobranog ekrana tipa 1 možemo vidjeti na Slici 143., a njegove tlocrtne dimenzije prikazane su na Slici 144.

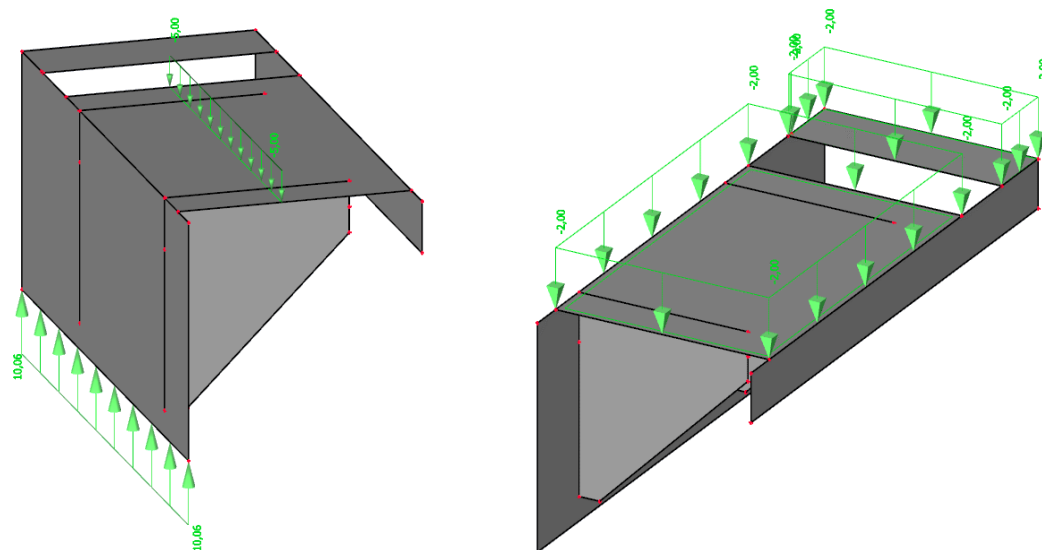


Slika 143. 3D prikaz valobranog ekrana tipa 4 (Izrađeno u Allplan-u)



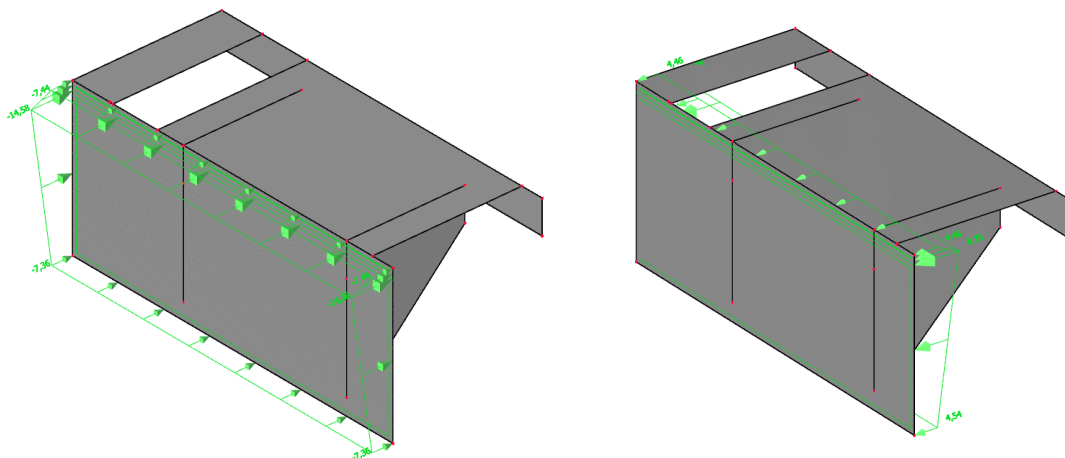
Slika 144. Dimenzije valobranog ekrana tipa 4 (Izrađeno u Allplan-u)

Na Slici 145. prikazano je stalno i korisno opterećenje.



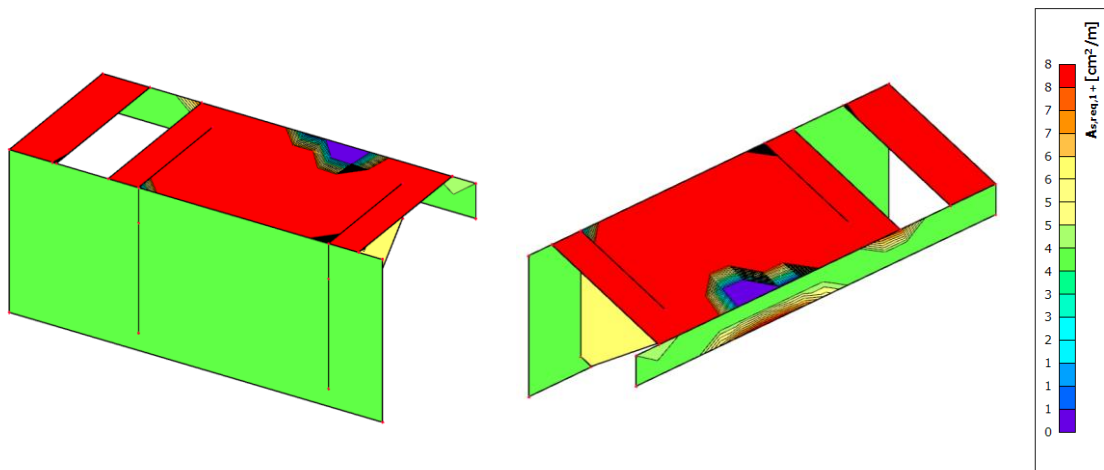
Slika 145. Stalno i korisno opterećenje na valobran tipa 4

Optereće uslijed djelovanja valova prikazno je na Slici 146.

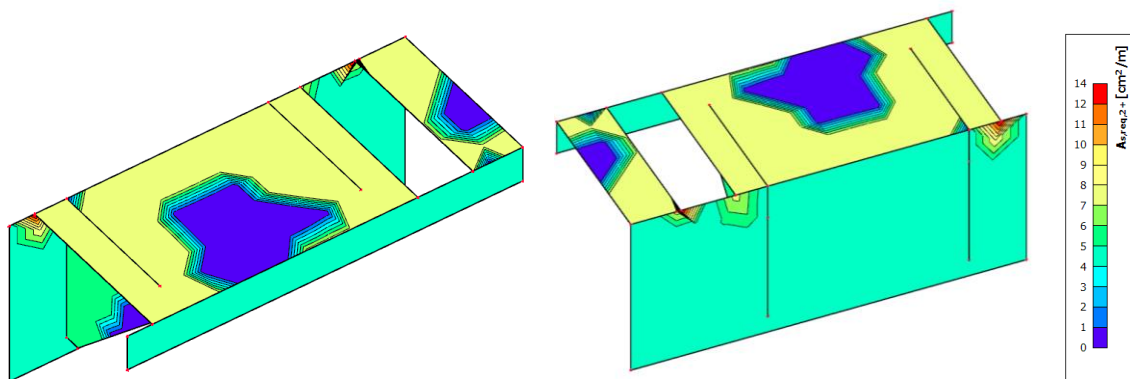


Slika 146. Opterećenje uslijed vanjskih i unutrašnjih valova na valobran tipa 4

Na Slikama 147. i 148. prikazana je potrebna uzdužna i poprečna armatura za gornju zonu valobranog ekrana, dok se na Slikama 149. i 150. nalazi potrebna armatura za donju zonu.

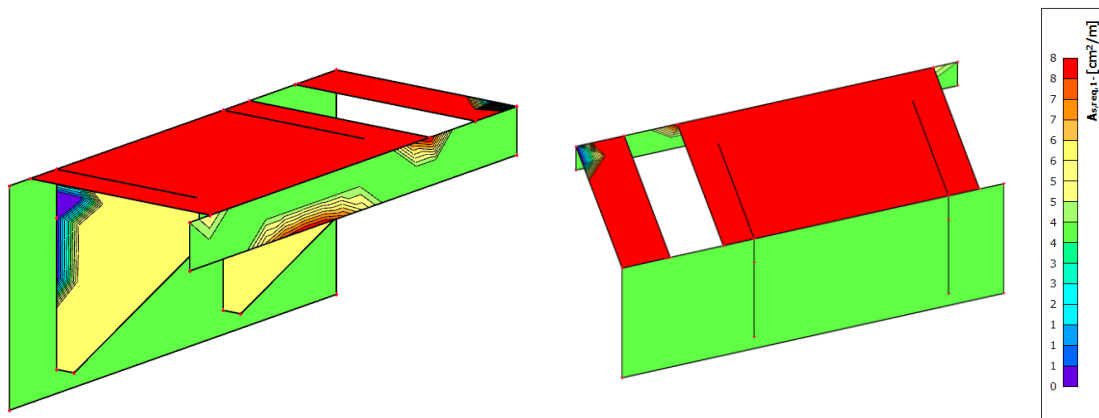


Slika 147. Potrebna uzdužna armatura za gornju zonu valobranog ekrana tipa 4

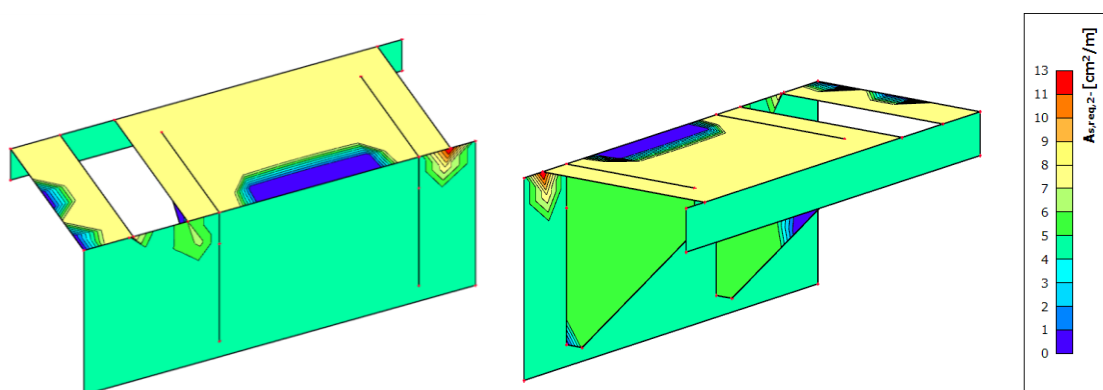


Slika 148. Potrebna poprečna armatura za gornju zonu valobranog ekrana tipa 4





Slika 149. Potrebna uzdužna armatura za donju zonu valobranog ekrana tipa 4



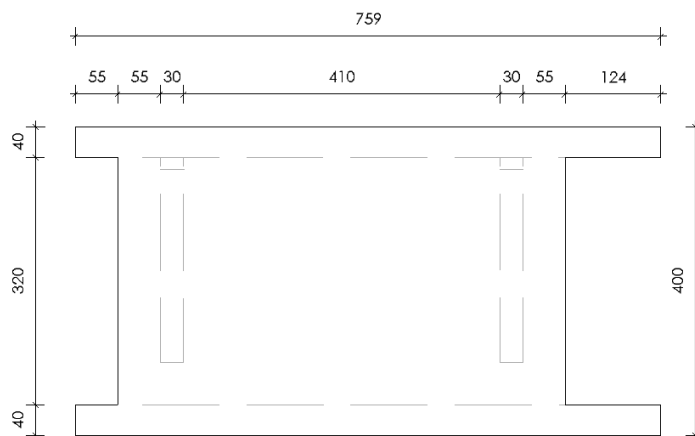
Slika 150. Potrebna poprečna armatura za donju zonu valobranog ekrana tipa 4

#### 8.3.4. Valobran tipa 5

Na Slici 151. prikazan je 3D oblik valobranog ekrana tipa 5, dok su njegove dimenzije označene na Slici 152.

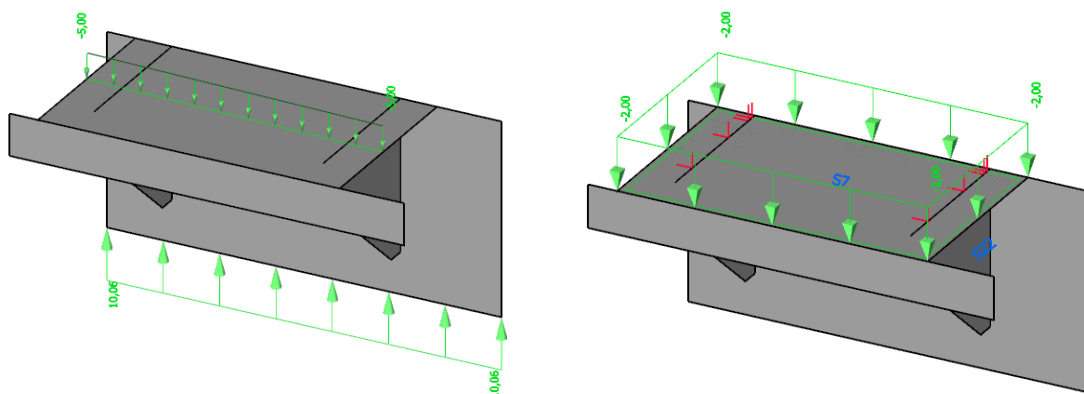


Slika 151. 3D prikaz valobranog ekrana tipa 5 (Izrađeno u Allplan-u)

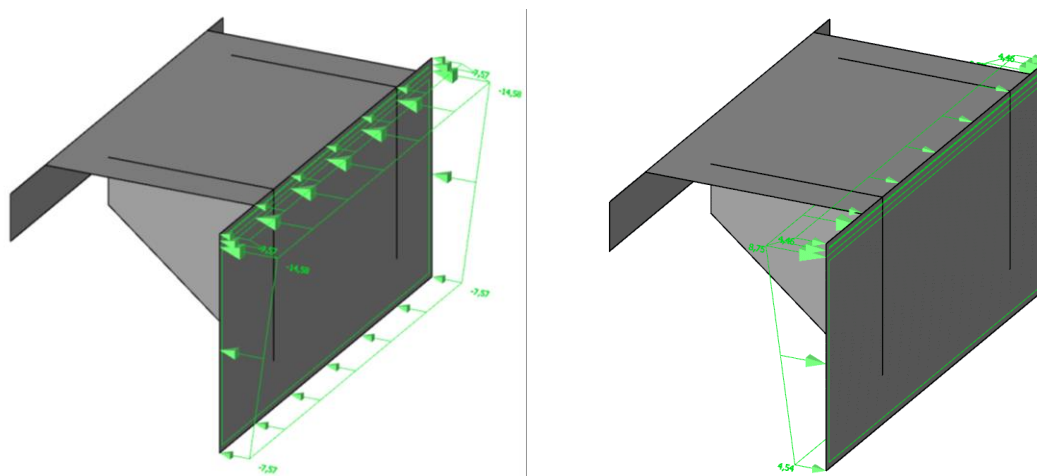


Slika 152. Dimenzije valobranog ekrana tipa 5 (Izrađeno u Allplan-u)

Na Slikama 153. i 154. prikazano je stalno i korisno opterećenje te opterećenja uslijed djelovanja valova.

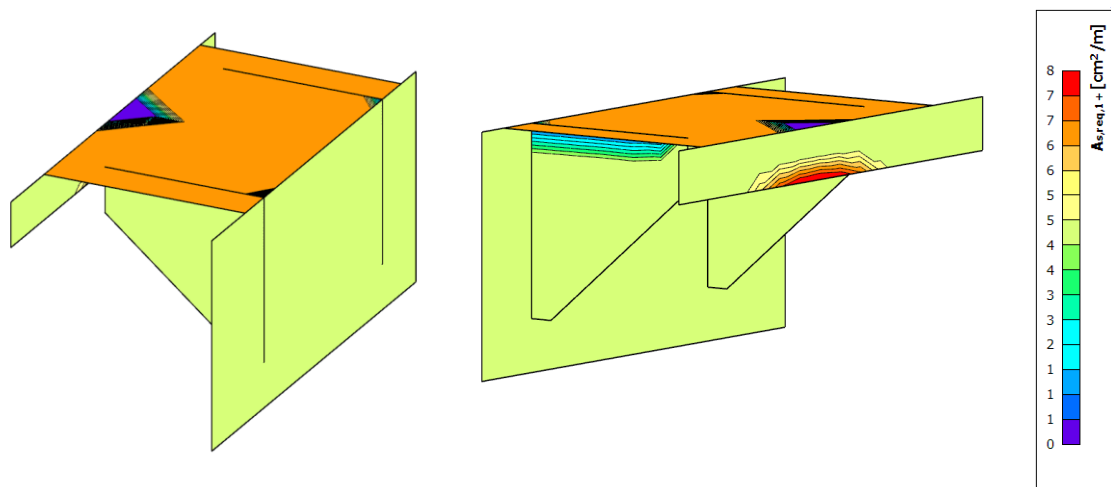


Slika 153. Stalno i korisno opterećenje na valobran tipa 5

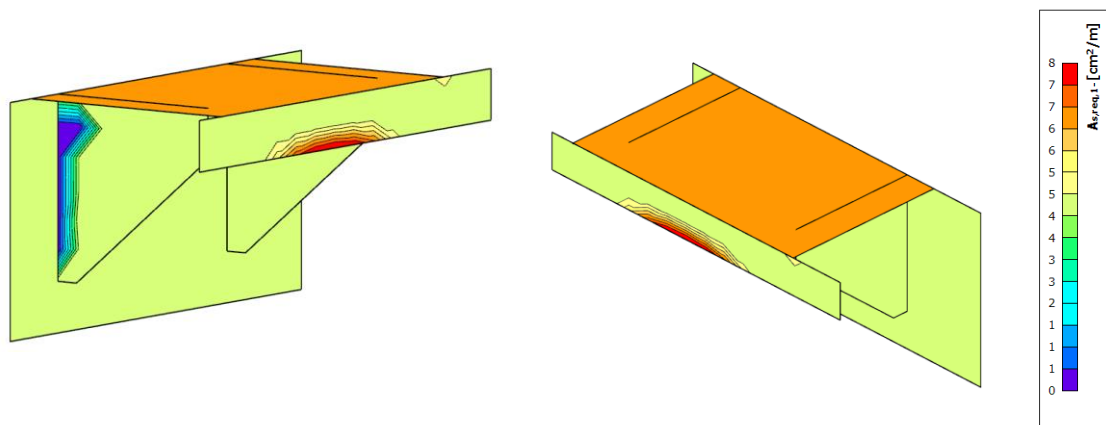


Slika 154. Opterećenje uslijed djelovanja valova na valobran tipa 5

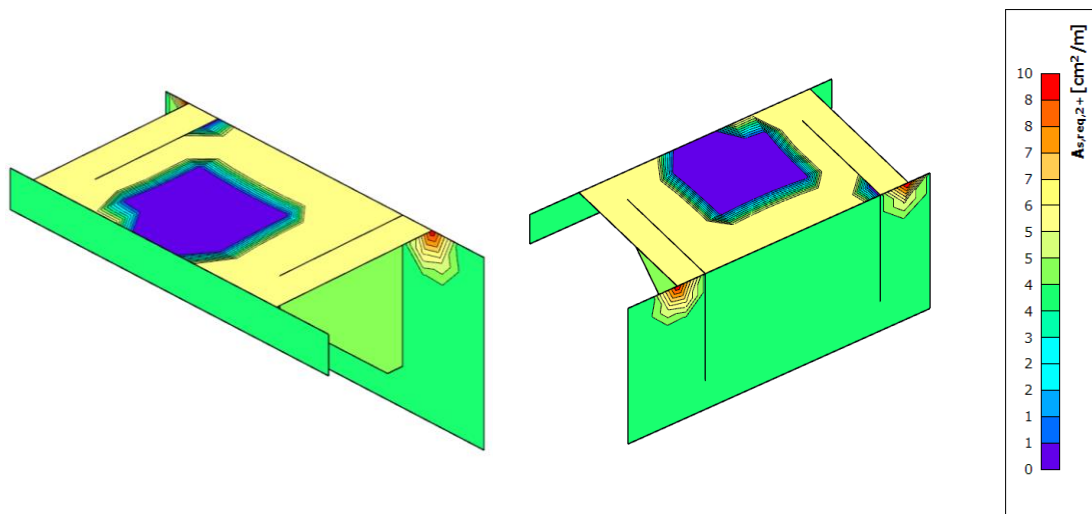
Na Slikama 155. i 156. označena je potrebna količina uzdužne i poprečne armatura za gornju zonu valobranog ekrana, a potrebna količina armature za donju zonu prikazana je na Slikama 157. i 158.



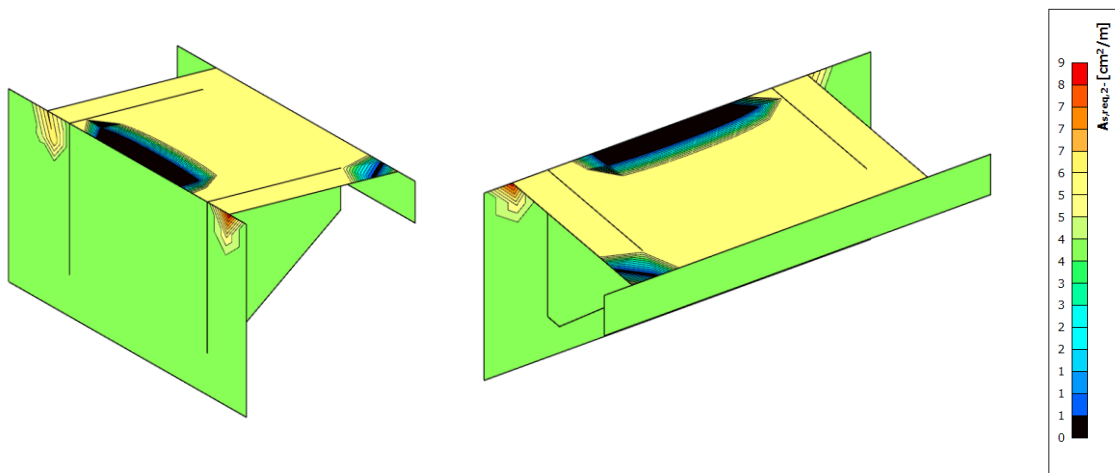
Slika 155. Potrebna uzdužna armatura za gornju zonu valobranog ekrana tipa 5



Slika 156. Potrebna poprečna armatura za gornju zonu valobranog ekrana tipa 5



Slika 157. Potrebna uzdužna armatura za donju zonu valobranog ekrana tipa 5



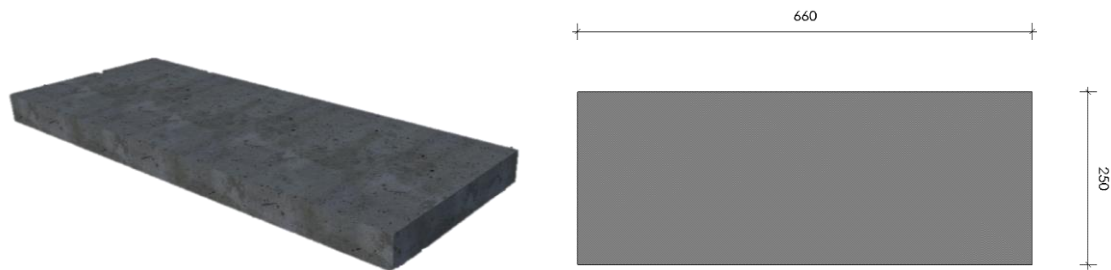
Slika 158. Potrebna poprečna armatura za donju zonu valobranog ekrana tipa 5

### 8.3.5. Usporedba valobranih ekrana

Uspoređujući prethodni proračun i karakteristike valobranih ekrana možemo zaključiti da je najviše armature po metru dužnom potrebno valobranom ekranu tipa 1. Količina armature ovisi o inercijalnim silama u valobranom ekranu. Kod valobranih ekrana je kritično djelovanje vanjskih valova na zid valobranih ekrana. Što je veća površina zida valobranog ekrana to će inercijalne sile biti veće, a samim time će biti potrebna veća količina armature. Valobrani ekran tipa 4 ima najveću dužinu zida te je za očekivati da će on imati najveće sile, što nije slučaj jer se valobrani ekran tipa 4 ne oslanja na isti način kao i ostali ekrani. Na valobranom ekranu tipa 4 radi se otvor na gornjoj ploči, na kome se s obje strane oslanja na naglavnu konstrukciju. Time je linijski oslonjen na tri pozicije, što svakako omogućuje smanjenje sila i momenata. Najmanje armature po metru dužnome zahtijeva valobrani ekran tipa 5 jer je dužina njegova zida najmanja.

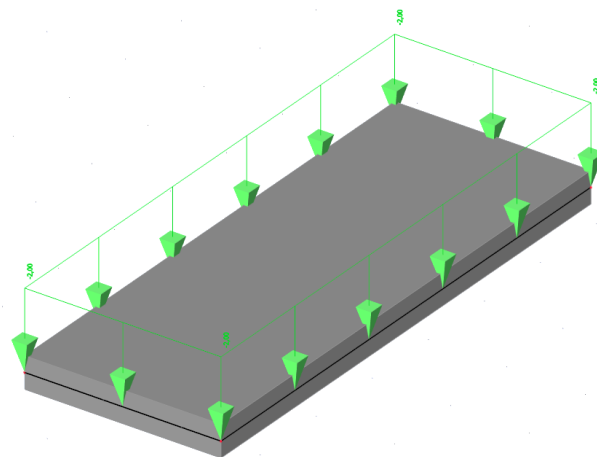
### 8.4. Proračun armiranobetonske ploče

Armiranobetonska ploča koja se izvodi na dijelu konstrukcije C napravljena je od predgotovljenog betona klase C35/45. Ploča se oslanja na naglavnu konstrukciju na širini od 30 cm. Proračun ploče proveden je za fazu izgradnje i navedena je potrebna armatura B500B. Debljina armiranobetonske ploče iznosi 40 cm. (Slika 159.)



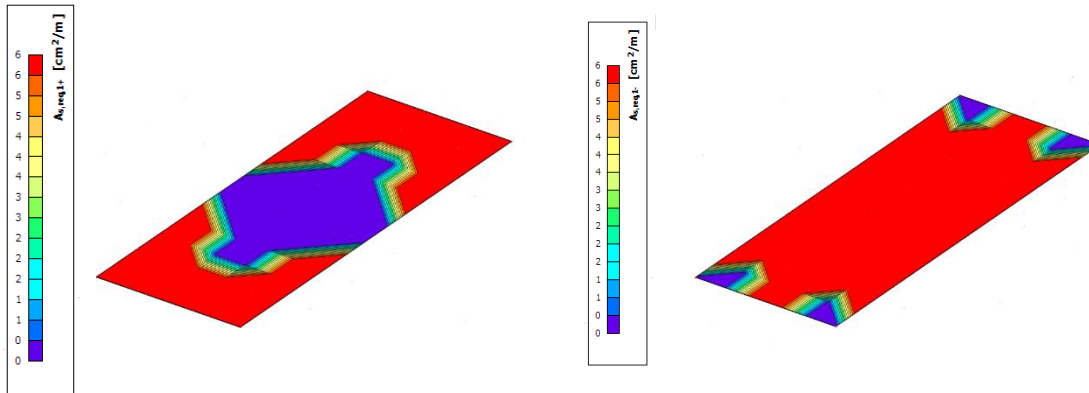
Slika 159. Prostorni prikaz i dimenzije armiranobetonske ploče (*Izrađeno u Allplan-u*)

Na armiranobetonsku ploču za vrijeme izgradnje djeluje samo njena vlastita težina i promjenjivo opterećenje koje je prikazano na Slici 160.



Slika 160. Promjenjivo opterećenje na armiranobetonsku ploču

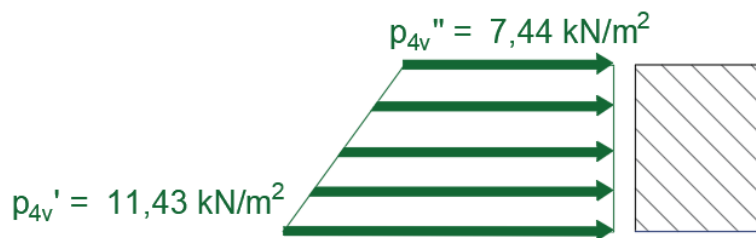
Kao rezultat proračuna prikazana je potrebna minimalna armatura dobivena za kombinaciju  $1,35 \times$  vlastita težina i stalno opterećenje +  $1,5 \times$  promjenjivo opterećenje. Na Slici 161. prikazana je potrebna uzdužna armatura za gornju i donju zonu armiranobetonske ploče, dok je u poprečnom smjeru dovoljna minimalna armatura.



Slika 161. Potrebna uzdužna i poprečna armatura za gornju zonu armiranobetonske ploče

### 8.5. Proračun i dimezioniranje zidića lukobrana

Valobrani zidić ima širinu od 40 cm i visinu od 50 cm. Na valobrani zidić mjerodavno je opterećenje od vanjskih valova. Na dnu zidića djeluje opterećenje od  $11,43 \text{ kN/m}^2$  dok na vrhu zidića djeluje opterećenje od  $7,44 \text{ kN/m}^2$ . (Slika 162.)



Slika 162. Djelovanje opterećenja na valobrani zidić (Izrađeno u AutoCad-u)

Opterećenje od valova stvara moment savijanja:

$$M_{Ed} = 1,5 \times \left\{ \left[ 7,44 \times 0,5 \times \frac{0,5}{2} \right] + \left[ (11,43 - 7,44) \times \frac{0,5}{2} \times \frac{0,5}{3} \right] \right\} \quad (92)$$

$$M_{Ed} = 1,64 \text{ kNm}$$



Potrebnu aramтуру za valobrani zidić odrediti ćemo prema [12]. Zaštitni sloj  $c_{nom}$  iznosi 6 cm. Valobrani zidić armirat će se armaturom promjera 10 mm pa Statička visina  $d$  iznosi 33,5 cm.

Poznate podatke potrebno je uvrstiti u izraz za bezdimenzijski koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b \times d^2 \times f_{cd}} \quad (93)$$

$$\mu_{Eds} = 0,0015$$

Pomoću bezdimenzijskog koeficijenta momenta savijanja dobivamo krak unutarnjih sila:

$$\zeta = 0,995$$

Uvštavanjem u izraz (94) dobivamo potrebnu površinu armature za valobrani zidić.

$$A_{s1} = \frac{M_{Eds}}{\zeta \times d \times f_{yd}} \quad (94)$$

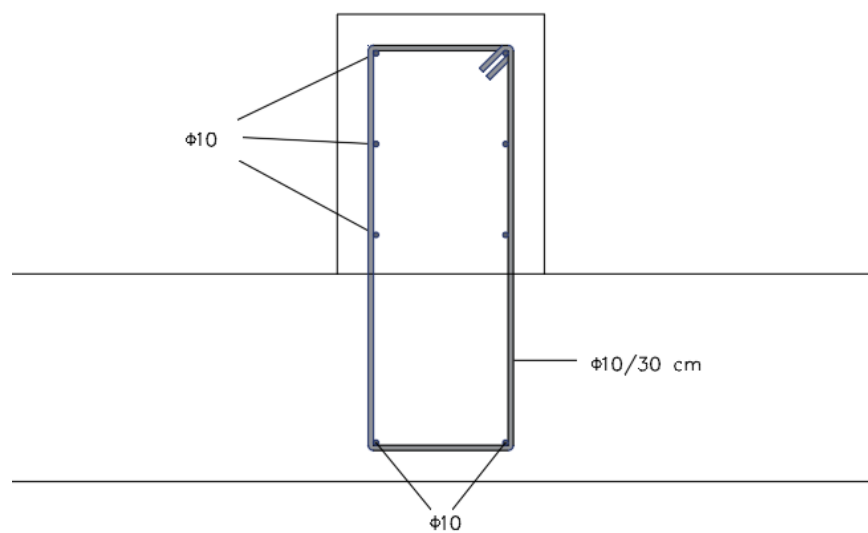
$$A_{s1} = 0,11 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Potrebno je uzeti u obzir minimalnu potrebnu armaturu:

$$A_{s,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,26 \times \frac{f_{CTM}}{f_{yk}} \times b \times d \\ 0,0013 \times b \times d \end{array} \right. \quad (95)$$

$$A_{s,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,08 \\ 0,85 \end{array} \right. = 1,08 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Za uzdužnu armaturu u poprečnom presjeku valobranog zidića odabire se  $\Phi 10/30$  cm ( $2,63 \text{ cm}^2/\text{m}'$ ). Na Slici 163. prikazan je prijedlog armiranja valobranooog zidića.



Slika 163. Prijedlog armiranja valobranog zidića (Izrađeno u AutoCad-u)

## 8.6. Rezultati za dio konstrukcije A

Radi lakšeg modeliranja konstrukcija je podijeljena na tri različita dijela. Na Slici 164. nalazi se prostorni model za dio konstrukcije A.



Slika 164. Prostorni model za dio konstrukcije A (*Izrađeno u Allplan-u*)

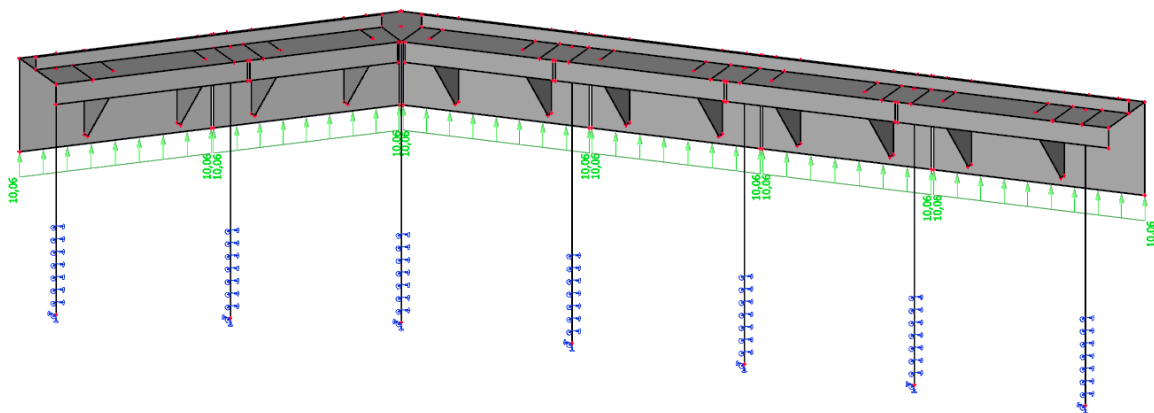
Proračun valobranih ekrana i naglavnica proveden je zasebno u fazi izvedbe ali je potrebno proučiti kako se konstrukcija ponaša kada je dovršena i kada su na njoj privezana plovila. Konstrukciju je stoga potrebno opteretiti svim opterećenjima iz Tablice 42. koja će na nju djelovati u fazi uporabe.

Tablica 42. Opterećenja koja djeluju na konstrukciju A

|                         |      |                            |
|-------------------------|------|----------------------------|
| stalna opterećenja      | LC1  | vlastito opterećenje       |
|                         | LC2  | uzgon                      |
| promjenjiva opterećenja | LC3  | korisno 1                  |
|                         | LC4  | korisno 2                  |
|                         | LC5  | korisno 3                  |
|                         | LC6  | korisno 4                  |
|                         | LC7  | korisno 5                  |
|                         | LC8  | korisno 6                  |
|                         | LC9  | korisno 7                  |
|                         | LC10 | temperatura -              |
|                         | LC11 | temperatura +              |
|                         | LC12 | vjetar uzduž plovila       |
|                         | LC13 | vjetar poprečno na plovila |
|                         | LC14 | vanjski valovi             |
|                         | LC15 | unutarnji valovi           |

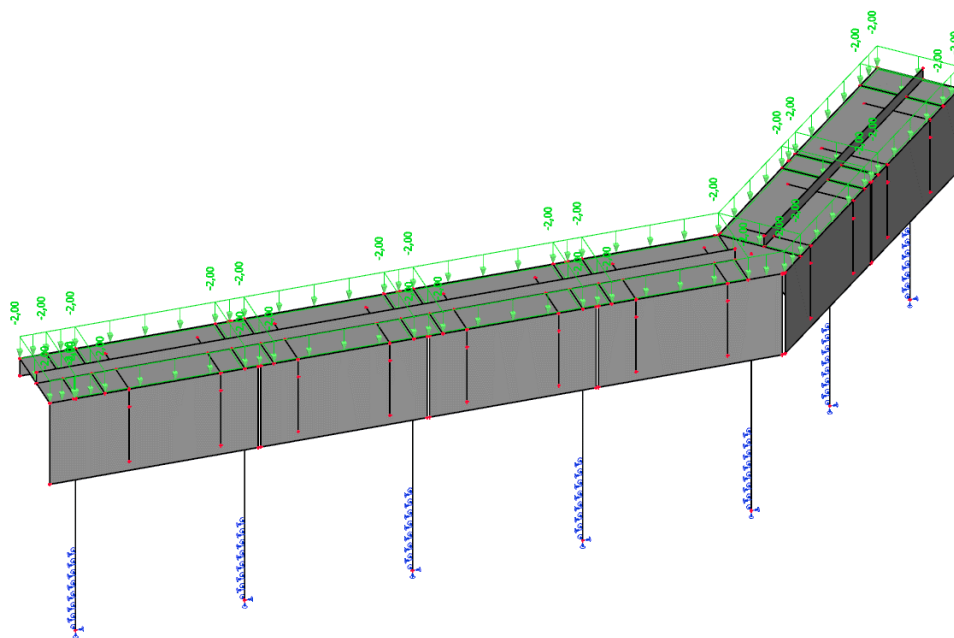
Iz navedenih opterećenja iz Tablice 43. potrebno je izvesti kombinacije za granično stanje nosivosti koje se nalaze u Prilogu 2, kao i kombinacije za granično stanje uporabljivosti u Prilogu 3.

Opterećenje od vlastite težine nije potrebno uzimati jer ga program sam prepoznaje i generira kao takvo. Potrebno je unijeti uzgon koji djeluje na dno valobranog ekrana i čija je vrijednost izračunata u prilikom proračuna valobranih ekrana. (Slika 165.)

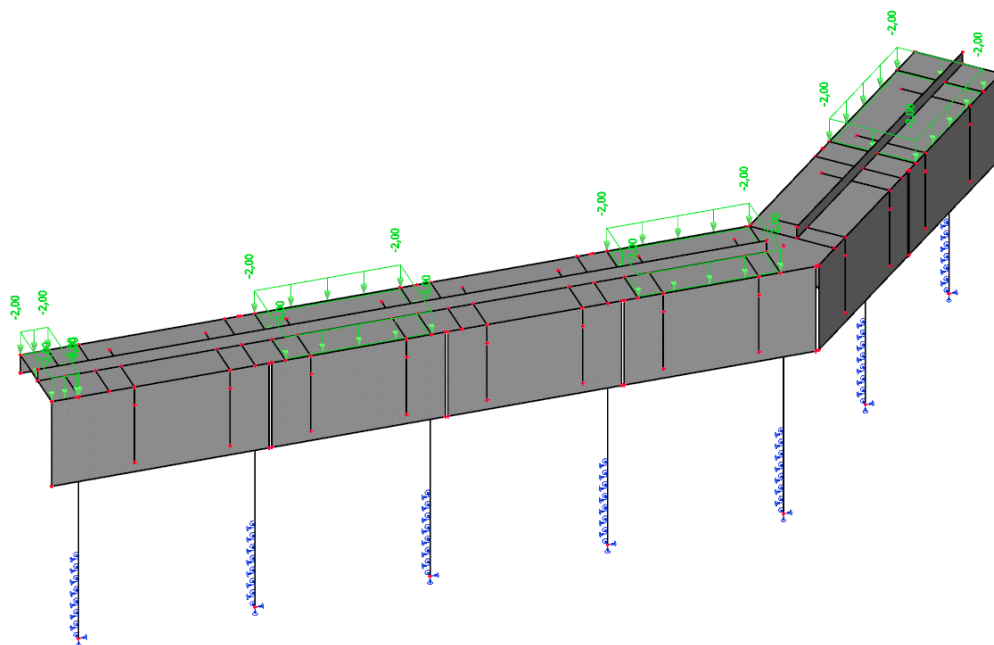


Slika 165. Opterećenje uslijed djelovanja uzgona na dio konstrukcije A

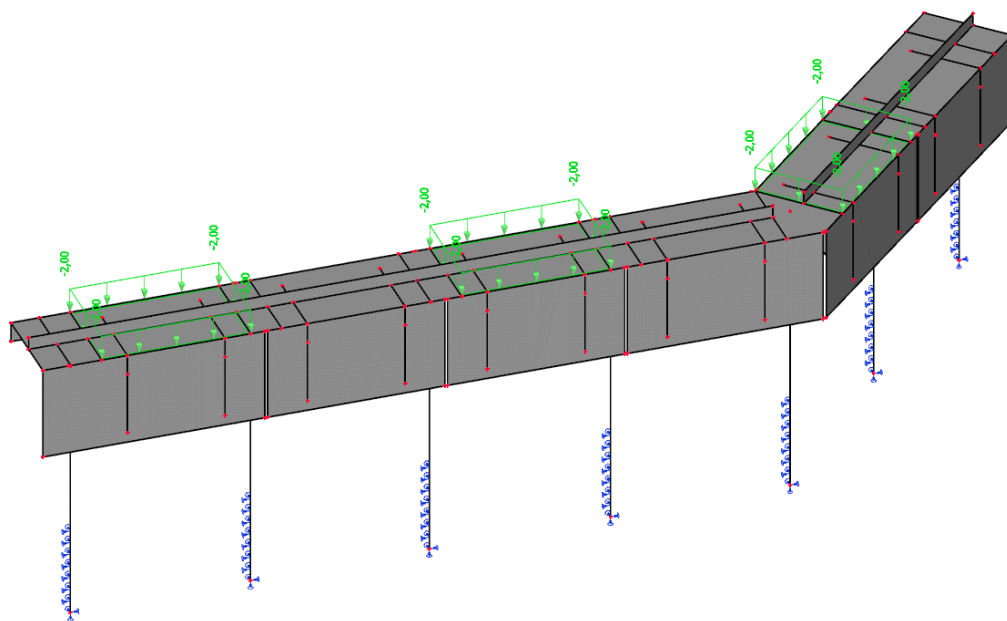
Potrebno je na konstrukciju nanijeti korisno opterećenje i to za sve moguće kombinacije njegova položaja. Na Slici 166. prikazano je korisno opterećenje koje djeluje na svim ploham kontinuirano dok je na Slikama 167.-172. prikazano korisno opterećenje koje djeluje na različitim dijelovima konstrukcije. Prilikom određivanja položaja opterećenja LC4 – LC9 konstrukciju promatramo kao kontinuiranu gredu čiji se oslonci nalaze na mjestima spoja pilota i naglavne konstrukcije.



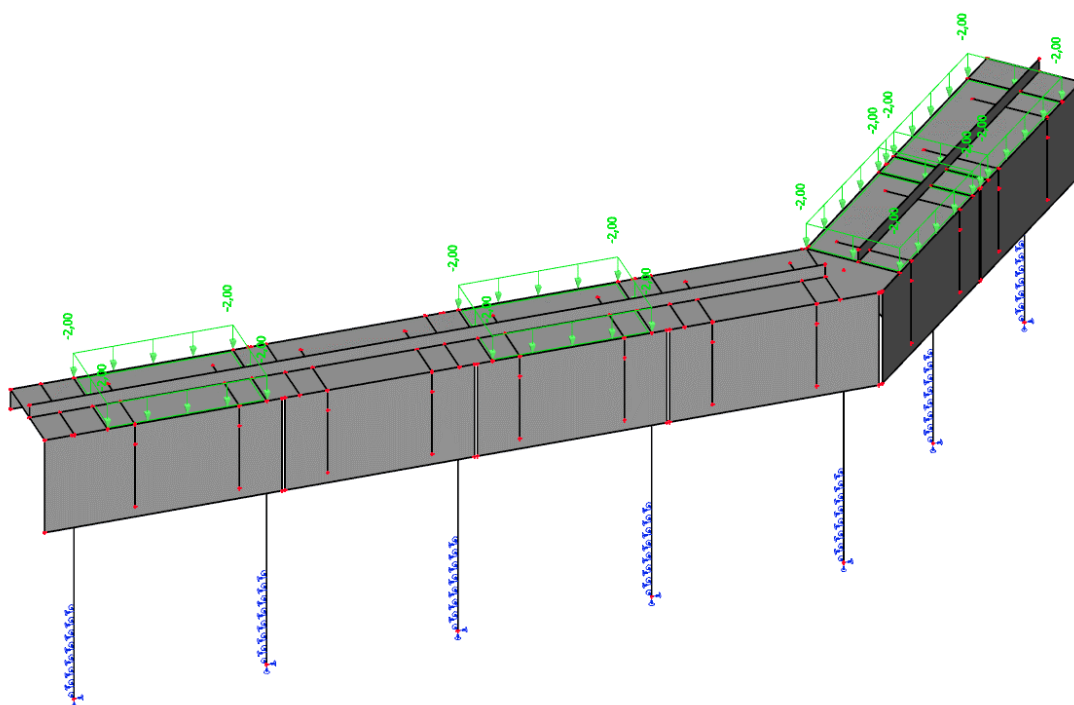
Slika 166. Korisno opterećenje LC3 koje djeluje na dio konstrukcije A



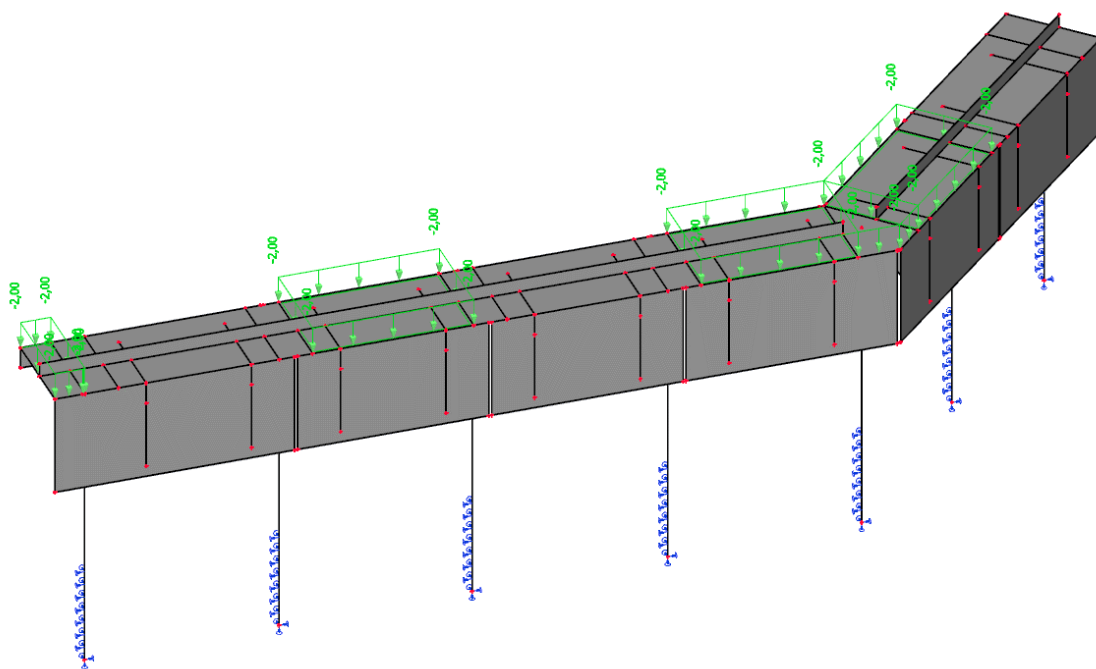
Slika 167. Korisno opterećenje LC4 koje djeluje na dio konstrukcije A



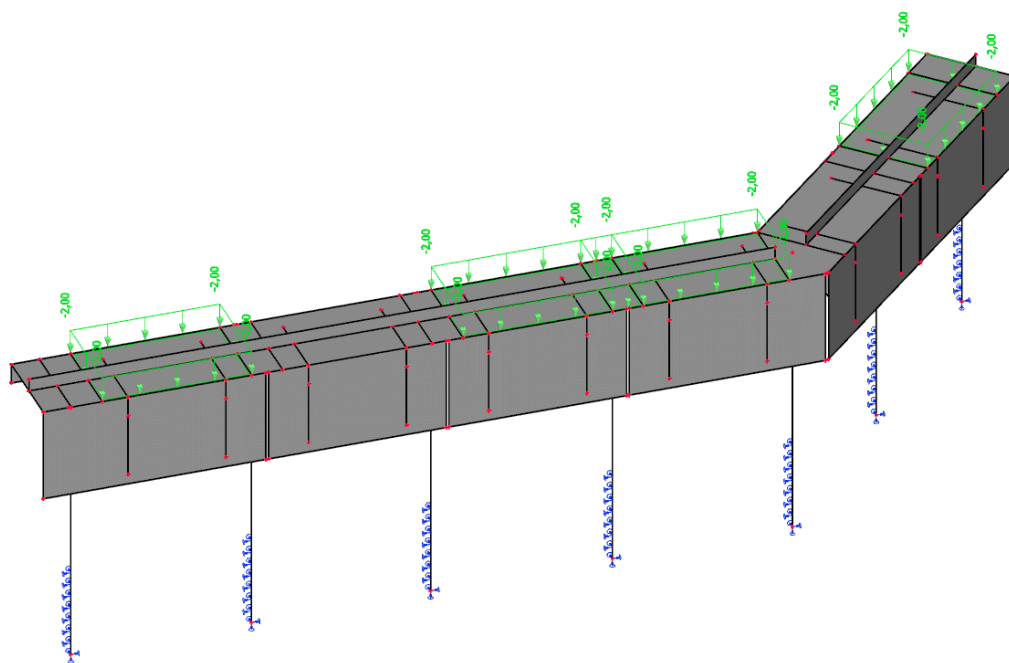
Slika 168. Korisno opterećenje LC5 koje djeluje na dio konstrukcije A



Slika 169. Korisno opterećenje LC6 koje djeluje na dio konstrukcije A

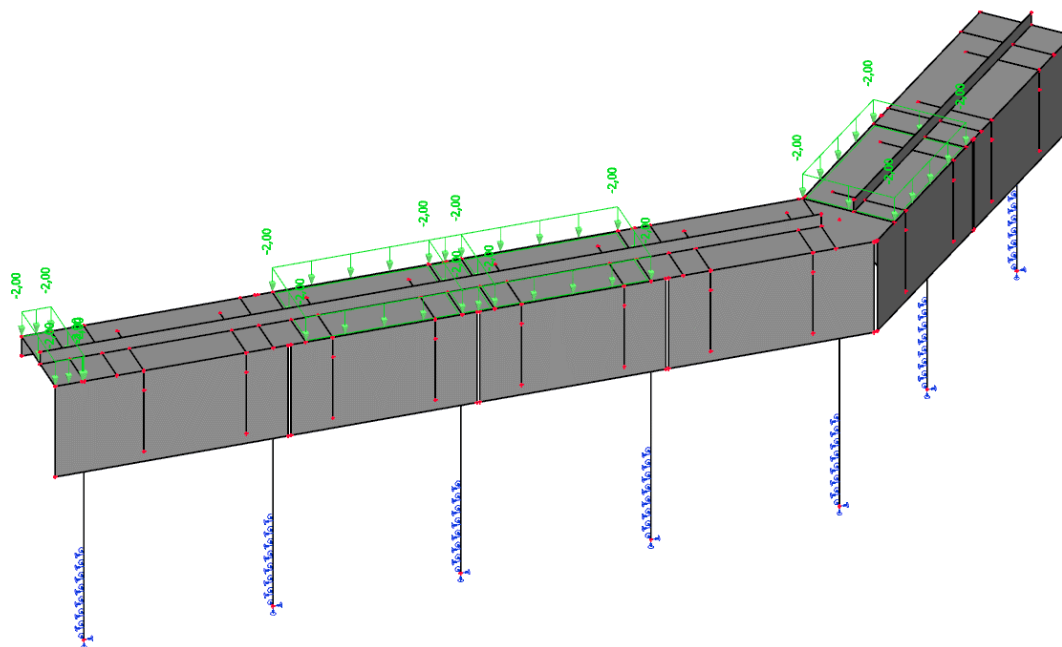


Slika 170. Korisno opterećenje LC7 koje djeluje na dio konstrukcije A



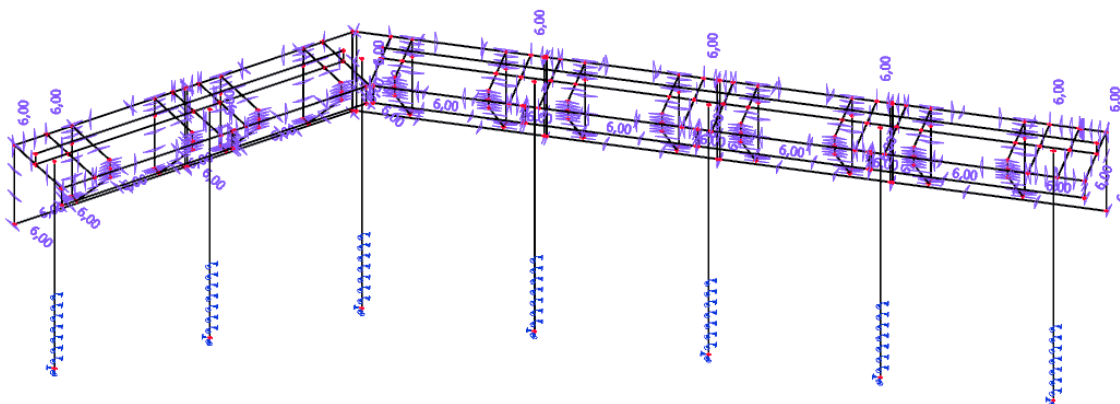
Slika 171. Korisno opterećenje LC8 koje djeluje na dio konstrukcije A



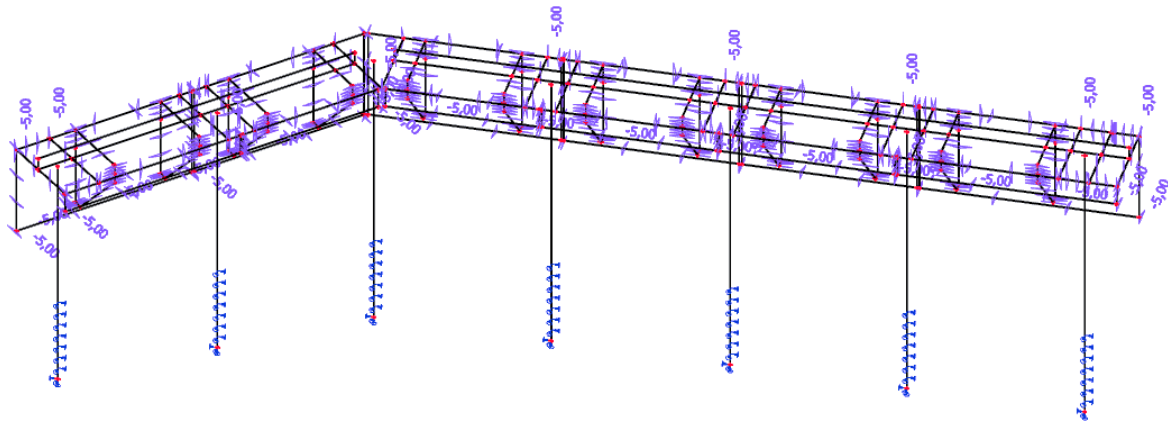


Slika 172. Korisno opterećenje LC9 koje djeluje na dio konstrukcije A

Vrijednost temperaturnog opterećenja određena je u poglavlju 7.3. te su dobivene temperaturne razlike koje su unesene na konstrukciju. (Slika 173. i Slika 174.)

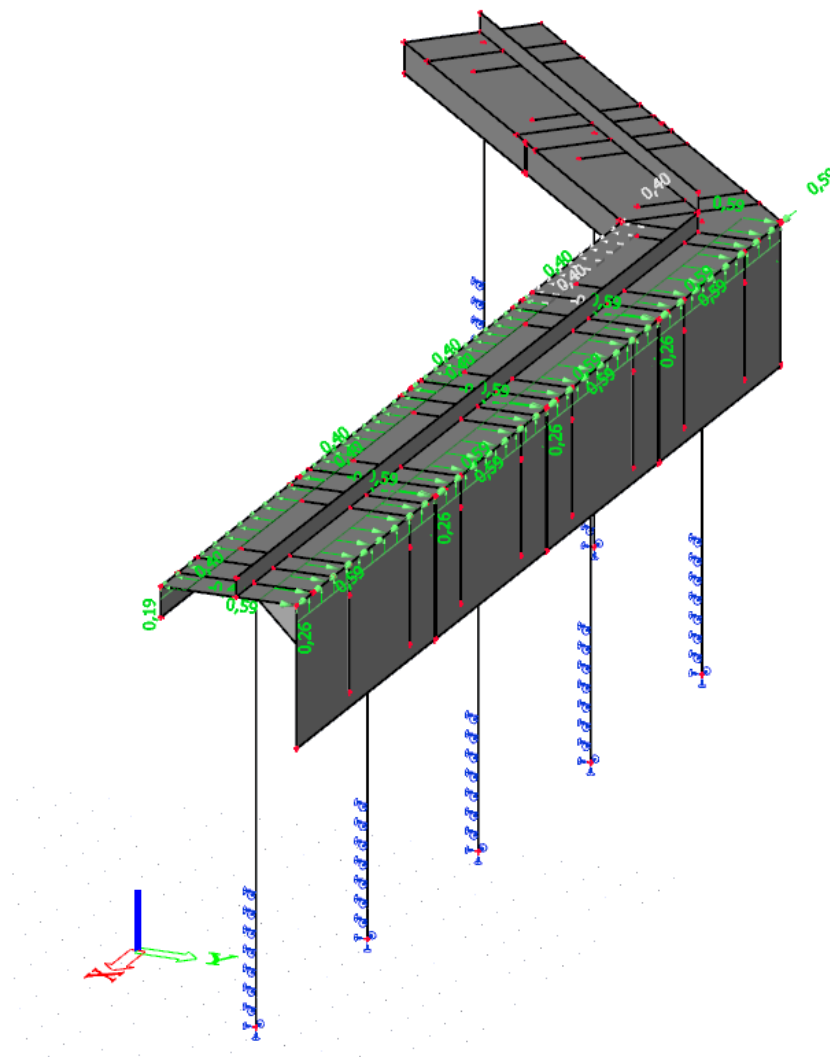


Slika 173. Pozitivne temperaturne razlike koje djeluju na dio konstrukcije A

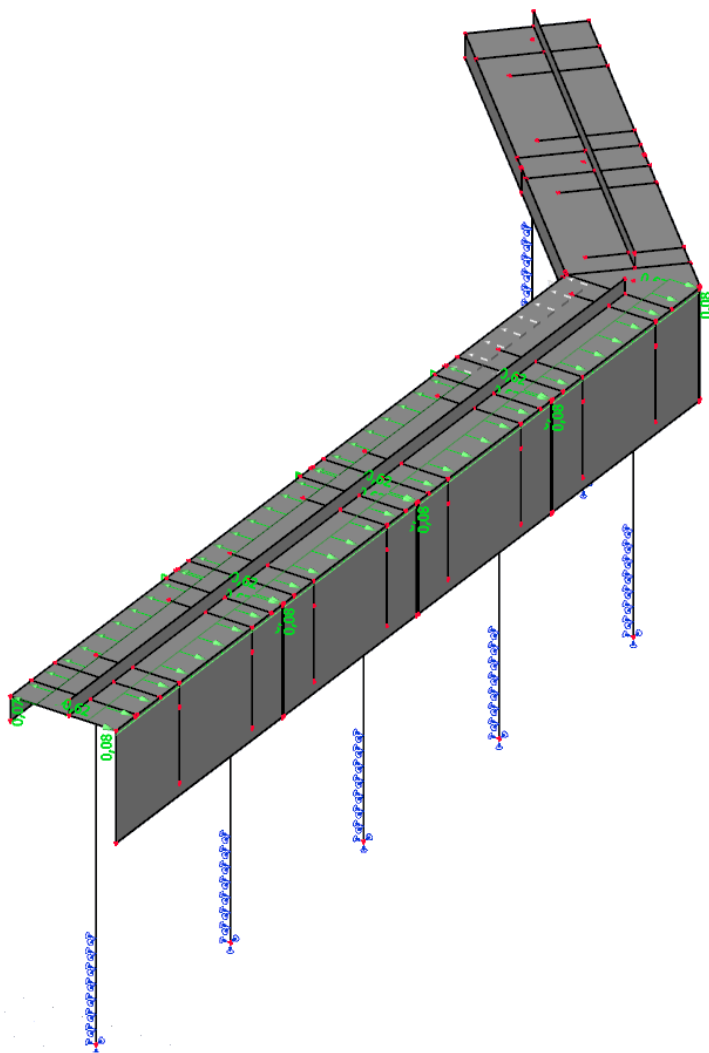


Slika 174. Negativne temperaturne razlike koje djeluju na dio konstrukcije A

Dio konstrukcije A promatramo kada je ista u uporabi te je potrebno unijeti opterećenja koja stvaraju plovila. Opterećenja uslijed djelovanja plovila detaljno su analizirana u poglavlju 7.1. i te iste vrijednosti koje ovise o smijeru puhanja vjetra unosimo u program. (Slika 175. i Slika 176.)

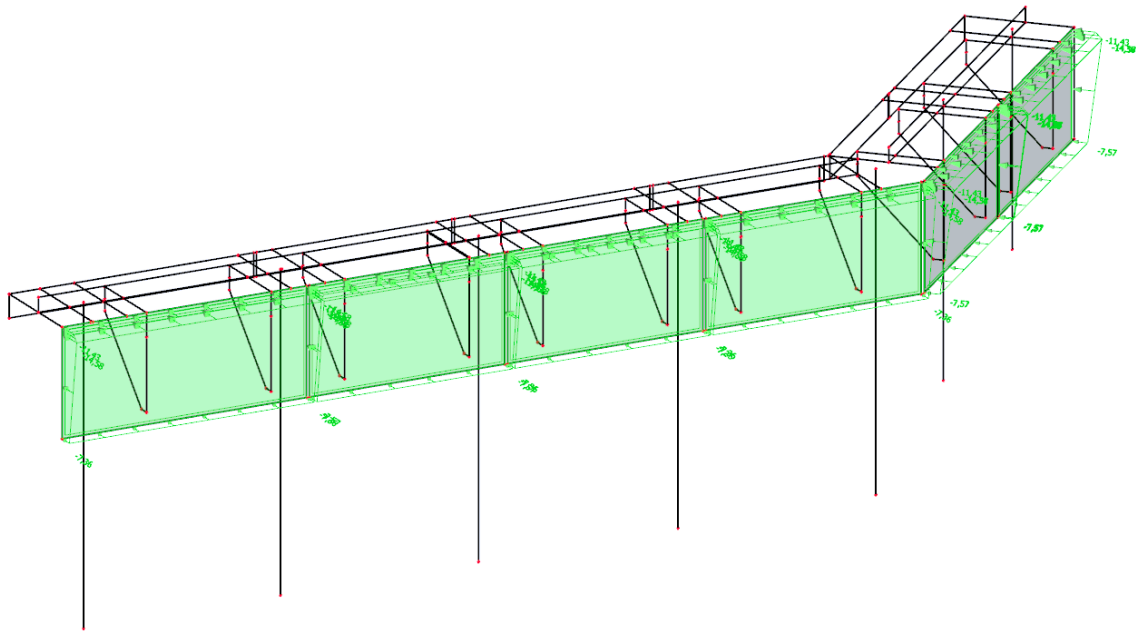


Slika 175. Djelovanja vjetra uzduž plovila za dio konstrukcije A

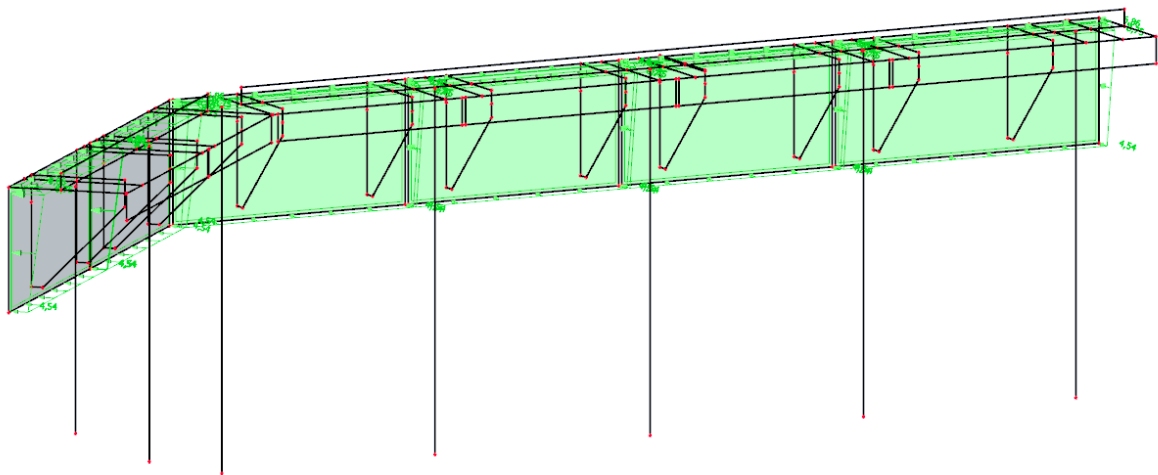


Slika 176. Djelovanja vjetra poprečno na plovila za dio konstrukcije A

Valovi su bitan čimbenik prilikom projektiranja konstrukcije lukobrana. Vrijednosti djelovanja valova određene su metodom Sainflou u poglavlju 7.2. i unesene na konstrukciju. (Slika 177. i Slika 178.)

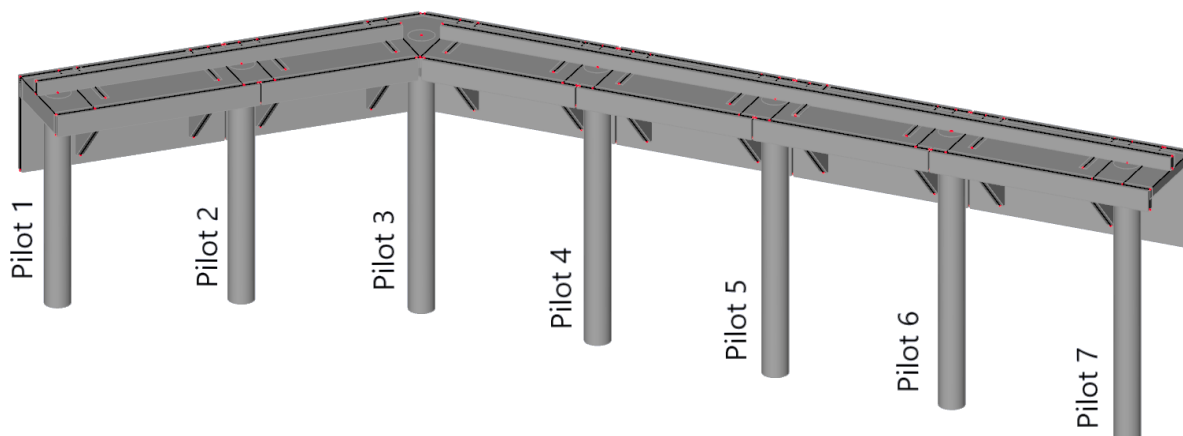


Slika 177. Djelovanje vanjskih valova na dio konstrukcije A



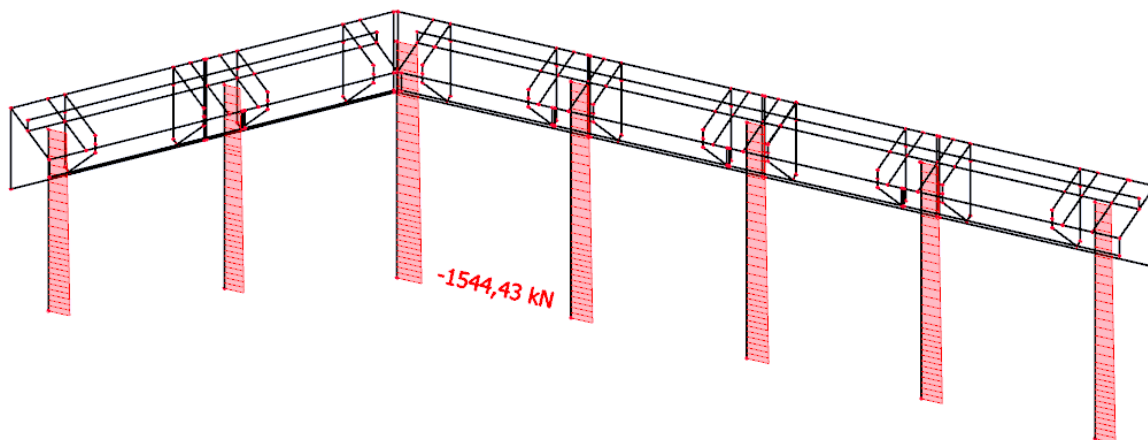
Slika 178. Djelovanje unutrašnjih valova na dio konstrukcije A

Način temeljenja opisan je u poglavlju 8.1. a numeracija pilota prikazana je na Slici 179. na kojoj možemo uočiti da pilot 1 ima najmanju duljinu od 8,3 m, pilot 2 je dugačak 9,3 m dok su ostali piloti dužine 10,8 m.

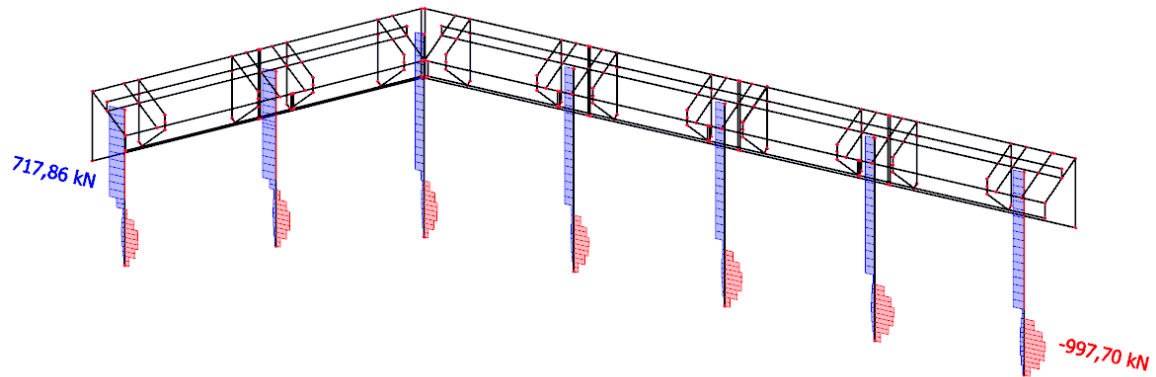


Slika 179. Numeracija pilota za dio konstrukcije A

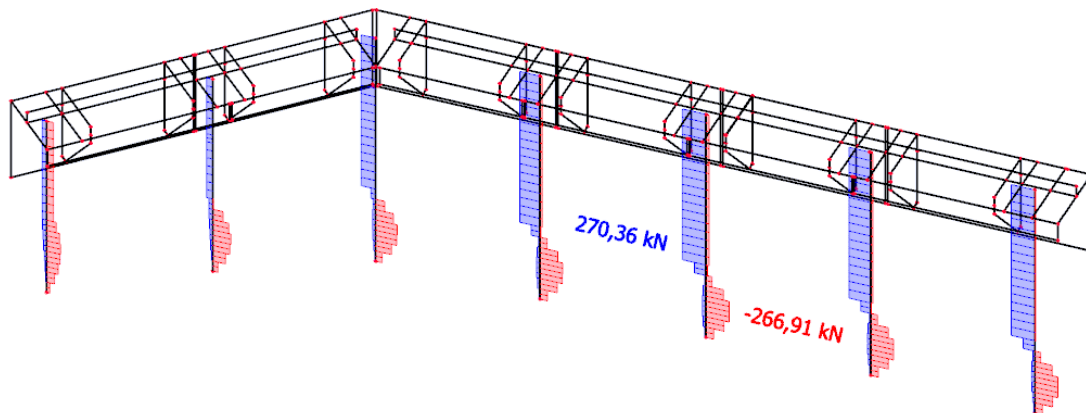
Nakon provedene kalkulacije u programu SCIA moguće je dobiti rezultate za 1D i 2D elemente. U nastavku su prikazani rezultati dobiveni za pilote za mjerodavnu kombinaciju 60. (Slike 180. -184.)



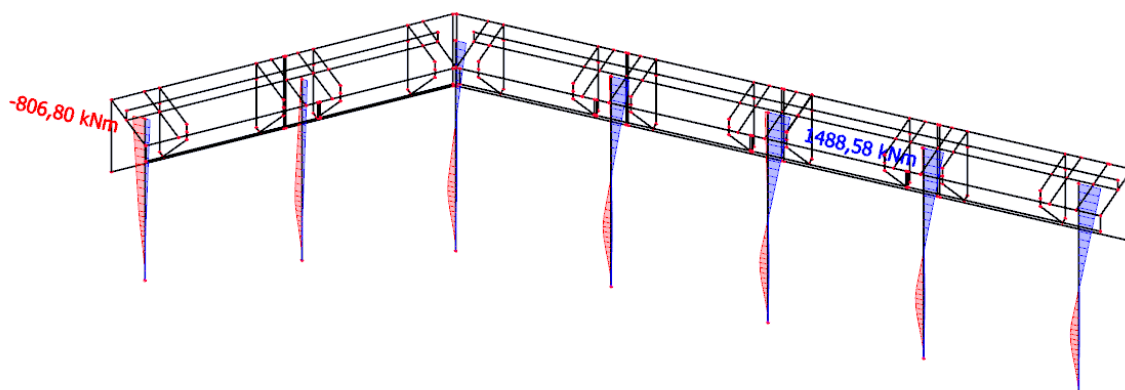
Slika 180. Uzdužna sila N na pilotima za dio konstrukcije A



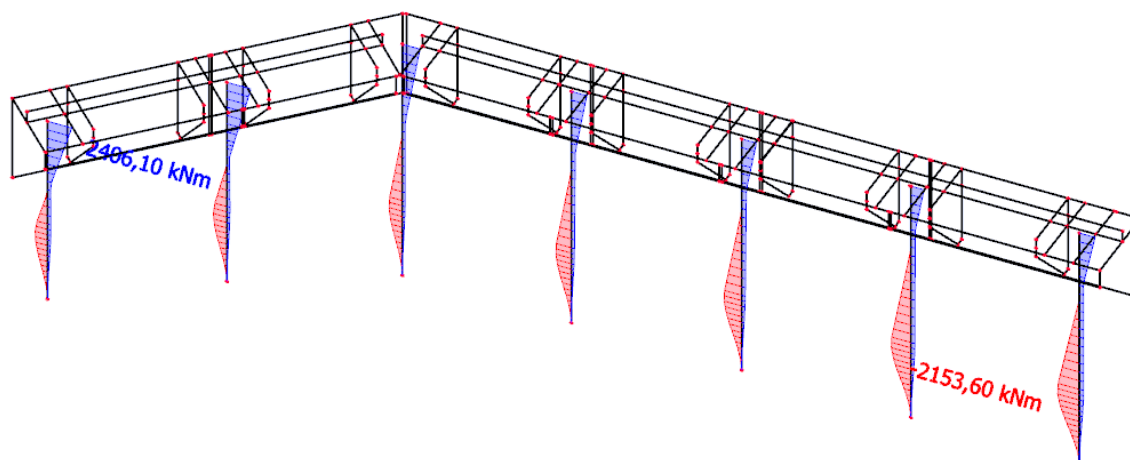
Slika 181. Poprečna sila  $V_y$  na pilotima za dio konstrukcije A



Slika 182. Poprečna sila  $V_z$  na pilotima za dio konstrukcije A



Slika 183. Moment savijanja  $M_y$  na pilotima za dio konstrukcije A



Slika 184. Moment savijanja  $M_z$  na pilotima za dio konstrukcije A

Sa prethodnih slika možemo vdijeti da maksimalne vrijednosti inercijalnih sila na pilotima dobivamo kada na njih djeluju vanjski valovi u kombinaciji s korisnim opterećenjem. Pri djelovanju horizontalnog opterećenja pilot se zakreće oko točke na njegovoj osi, pri čemu je potrebno da otpornost tla ili stijene bude u ravnoteži sa silama koje djeluju na konstrukciju. Kako ne bi došlo do plastičnog popuštanja presjeka pilota, otpornost presjeka na savijanje mora biti veća od momenata savijanja.



Potrebnu armaturu za pilote također dobivamo iz SCIA-e. Piloti se armiraju po cijeloj dužini istom uzdužnom armaturom, stoga kao mjerodavnu uzdužnu armaturu za cijeli pilot uzimamo najveću potrebnu koja se javlja u određenoj točki pilota. (Tablica 43.)

Tablica 43. Potrebna količina uzdužne armature u pilotima za dio konstrukcije A

|         | As,req |                 |
|---------|--------|-----------------|
| Pilot 1 | 177    | cm <sup>2</sup> |
| Pilot 2 | 166    | cm <sup>2</sup> |
| Pilot 3 | 130    | cm <sup>2</sup> |
| Pilot 4 | 122    | cm <sup>2</sup> |
| Pilot 5 | 133    | cm <sup>2</sup> |
| Pilot 6 | 125    | cm <sup>2</sup> |
| Pilot 7 | 145    | cm <sup>2</sup> |

Ovisno o količini potrebne armature iz prethodne tablice možemo u Tablici 44. dati prijedlog uzdužne armature koja će se postaviti u pilotu. Svakako treba provjeriti da li je uzdužna armatura veća od minimalne potrebne količinu armature koju iz Eurokoda 8 dobivamo iz izraza (96).

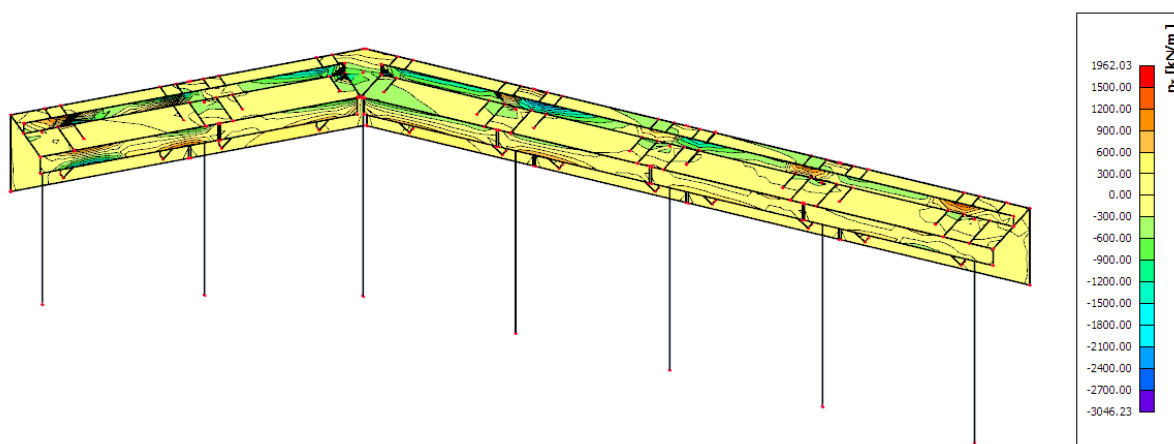
$$A_{s,min} = \rho_l \times A = 0,01 \times \left( \frac{100^2 \times \pi}{4} \right) = 78,54 \text{ cm}^2 \quad (96)$$

Tablica 44. Odabrana uzdužna armatura u pilotima za dio konstrukcije A

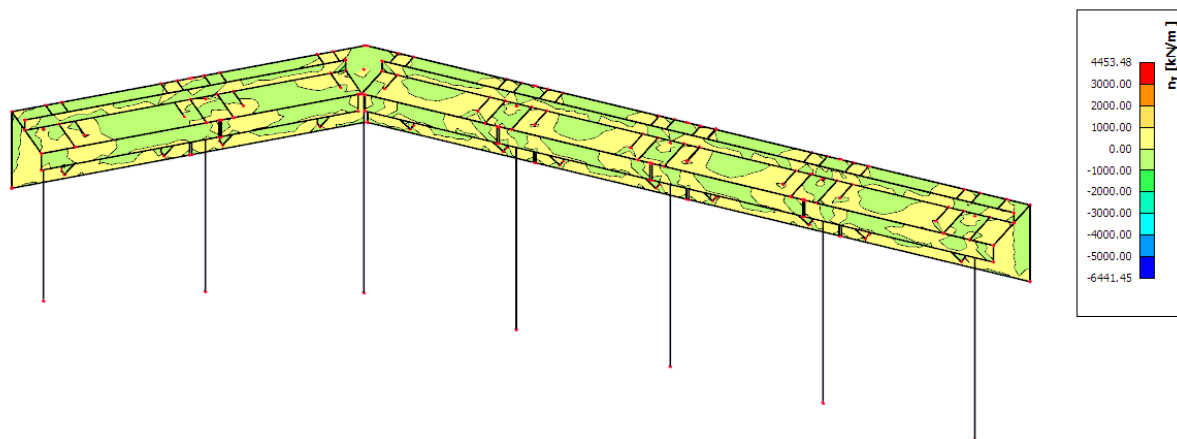
|         | Odabrana uzdužna armatura              |
|---------|--|
| Pilot 1 | 23 $\phi$ 32 (184,92 cm <sup>2</sup> ) |
| Pilot 2 | 21 $\phi$ 32 (168,84 cm <sup>2</sup> ) |
| Pilot 3 | 22 $\phi$ 28 (135,52 cm <sup>2</sup> ) |
| Pilot 4 | 25 $\phi$ 25 (122,75 cm <sup>2</sup> ) |
| Pilot 5 | 22 $\phi$ 28 (135,52 cm <sup>2</sup> ) |
| Pilot 6 | 21 $\phi$ 28 (129,36 cm <sup>2</sup> ) |
| Pilot 7 | 24 $\phi$ 28 (147,84 cm <sup>2</sup> ) |

Poprečna armatura  $\phi$ 10/15 cm postavlja se u svakom pilotu po cijeloj visini.

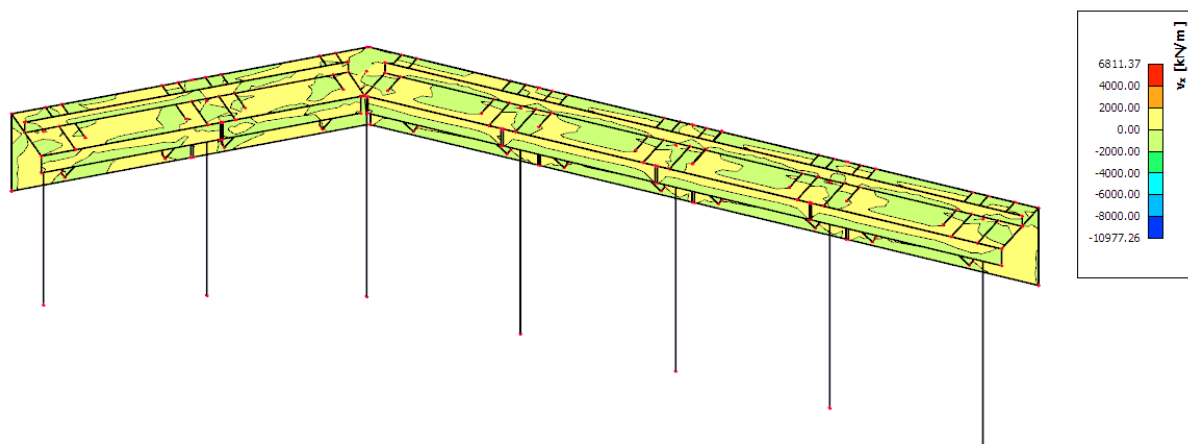
Na Slikama 185.-190. prikazane su inercijalne sile za 2D elemente u konstrukcijskom dijelu A. Pomoću rezultata sila i momenata bit će moguće odrediti količinu uzdužne armature u pločastim dijelovima konstrukcije. Kao mjerodavnu kombinaciju uzimamo kombinaciju 60.



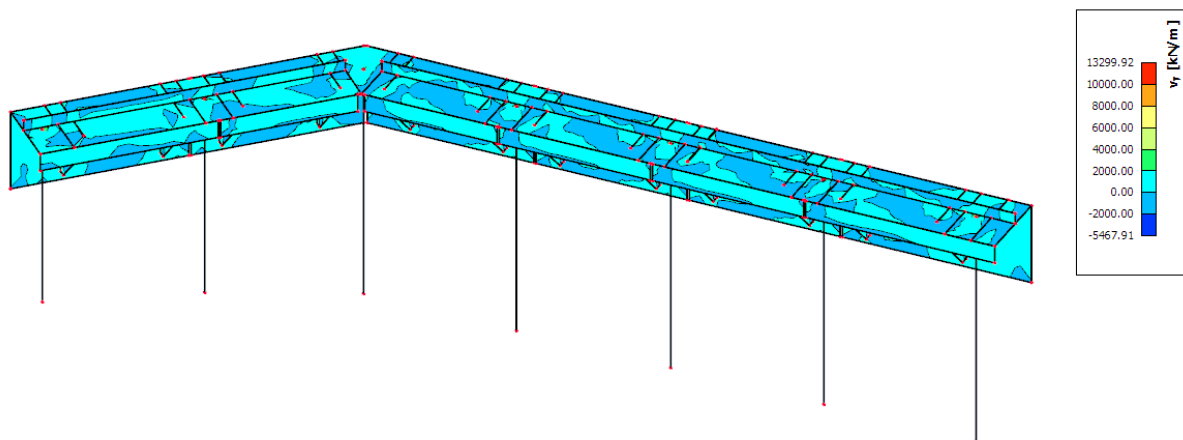
Slika 185. Uzdužne sile  $n_x$  za dio konstrukcije A



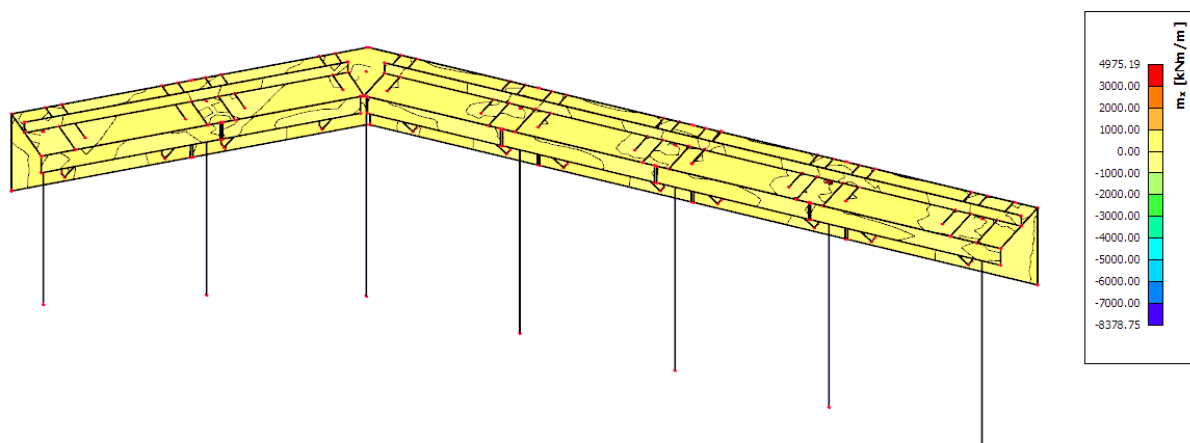
Slika 186. Uzdužne sile  $n_y$  za dio konstrukcije A



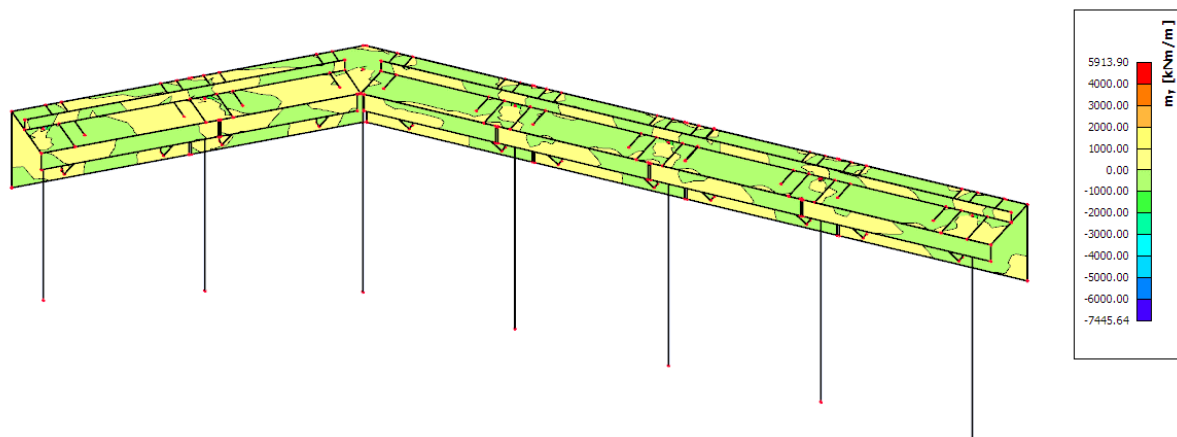
Slika 187. Poprečne sile  $v_x$  za dio konstrukcije A



Slika 188. Poprečne sile  $v_y$  za dio konstrukcije A



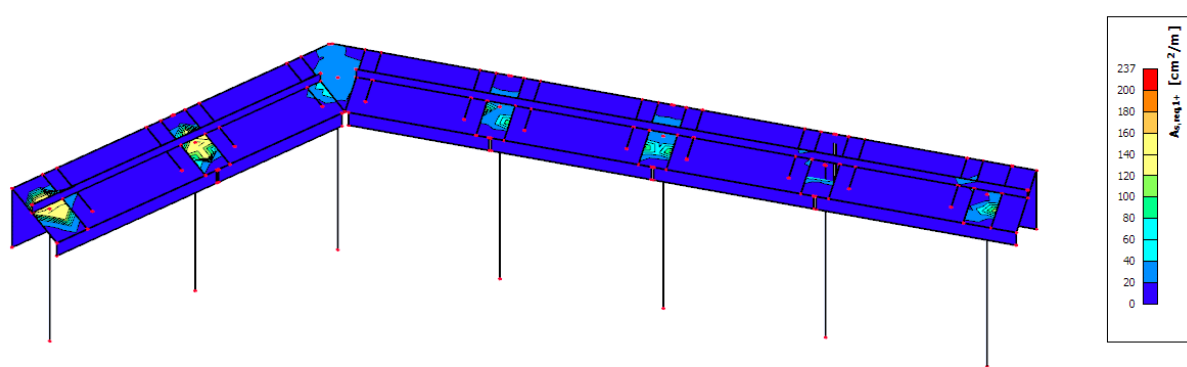
Slika 189. Moment savijanja  $m_x$  za dio konstrukcije A



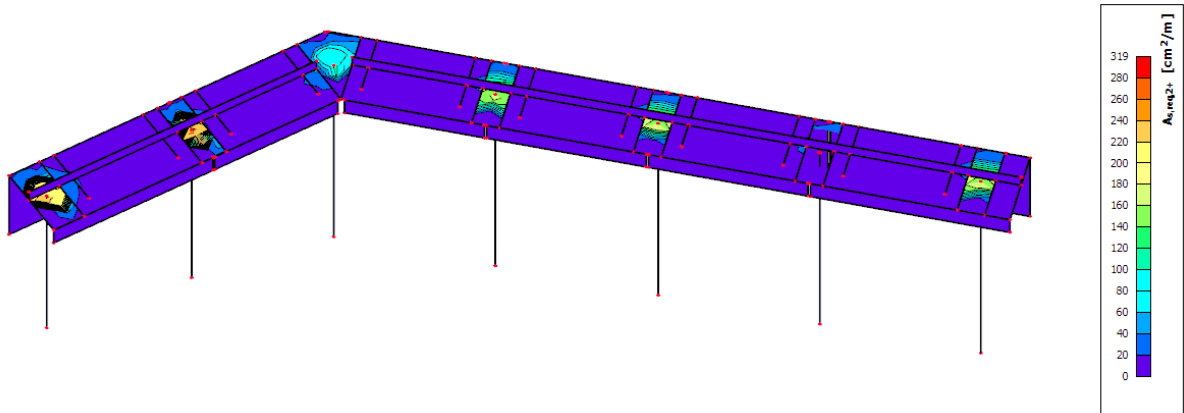
Slika 190. Moment savijanja  $m_y$  za dio konstrukcije A

Iz dobivenih dijagrama inercijalnih sila možemo vidjeti koja su mjesta u konstrukciji kritična. Najveće inercijalne sile pojavljuju se pri spoju pilota i konstrukcije, te iz toga možemo zaključiti da će to područje zahtijevati najviše armature.

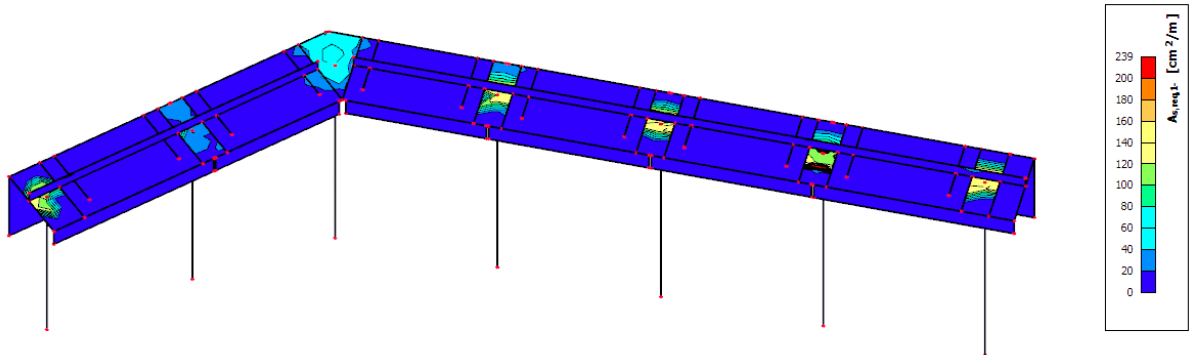
Armatura koja se postavlja u 2D dio konstrukcije i čije su vrijednosti prikazane na Slikama 191. – 195. različita je ovisno o smjeru (x i y) i zoni armiranja (gornja i donja).



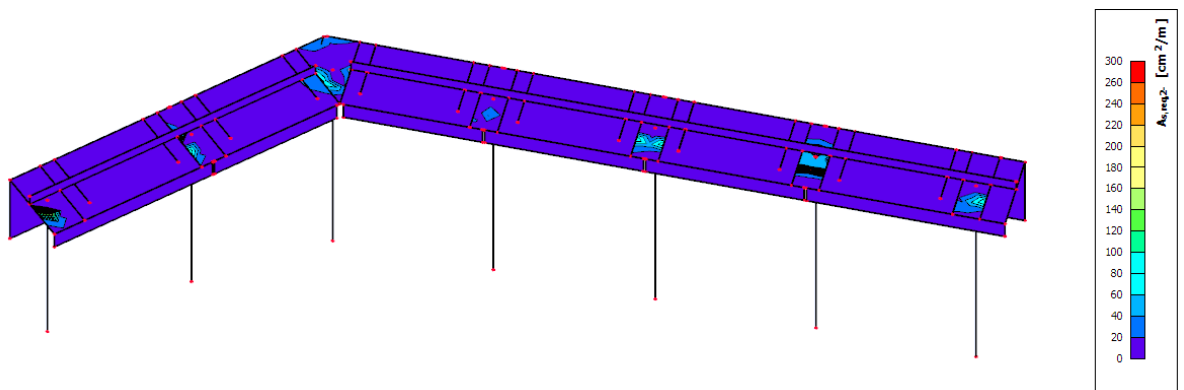
Slika 191. Potrebna uzdužna armatura za gornju zonu dijela konstrukcije A



Slika 192. Potrebna poprečna armatura za gornju zonu dijela konstrukcije A



Slika 193. Potrebna uzdužna armatura za donju zonu dijela konstrukcije A



Slika 194. Potrebna poprečna armatura za donju zonu dijela konstrukcije A

Za zadovoljavanje graničnog stanja uporabljivosti konstrukcija mora imati pomake koji su manji od dopuštenih. Dopušteni pomaci dobivaju se prema izrazu (97).

$$\delta_{dop} = \frac{L}{125} = 86,4 \text{ mm} \quad (97)$$

Na Prilogu 4 prikazani su pomaci konstrukcije za kombinaciju 181 kod graničnog stanja uporabljivosti. Maksimalni pomaci dijela konstrukcije A iznose 70,4 mm što je manje od dopuštenih pomaka.

Nakon provedene linearne analize, prema uputama iz poglavlja 7.5. napravljena je modalna analiza čiji je rezultat prikazan u Tablici 45.

Tablica 45. Rezultati dinamičke analize za dio konstrukcije A

| N                             | f<br>[Hz] | $\omega$<br>[1/s] | $\omega^2$<br>[1/s <sup>2</sup> ] | T<br>[s] |
|-------------------------------|-----------|-------------------|-----------------------------------|----------|
| <b>Mass combination : CM1</b> |           |                   |                                   |          |
| 1                             | 1,27      | 8,00              | 64,01                             | 0,79     |
| 2                             | 1,85      | 11,64             | 135,44                            | 0,54     |
| 3                             | 2,13      | 13,41             | 179,91                            | 0,47     |
| 4                             | 4,23      | 26,57             | 706,15                            | 0,24     |
| 5                             | 4,53      | 28,43             | 808,33                            | 0,22     |
| 6                             | 5,10      | 32,03             | 1025,68                           | 0,20     |
| 7                             | 5,61      | 35,26             | 1243,58                           | 0,18     |
| 8                             | 5,99      | 37,66             | 1418,30                           | 0,17     |
| 9                             | 7,56      | 47,52             | 2258,23                           | 0,13     |
| 10                            | 8,00      | 50,28             | 2528,27                           | 0,12     |
| 11                            | 8,81      | 55,34             | 3062,76                           | 0,11     |
| 12                            | 10,36     | 65,08             | 4236,04                           | 0,10     |
| 13                            | 10,97     | 68,95             | 4754,07                           | 0,09     |
| 14                            | 12,05     | 75,69             | 5728,33                           | 0,08     |
| 15                            | 13,16     | 82,65             | 6831,76                           | 0,08     |
| 16                            | 14,93     | 93,83             | 8804,47                           | 0,07     |
| 17                            | 16,44     | 103,29            | 10669,12                          | 0,06     |
| 18                            | 19,53     | 122,68            | 15051,40                          | 0,05     |
| 19                            | 21,82     | 137,12            | 18802,91                          | 0,05     |
| 20                            | 25,49     | 160,13            | 25641,93                          | 0,04     |

## 8.7. Rezultati za dio konstrukcije b

Nakon dimenzioniranja dijela konstrukcije A, slijedi proračun za dio B. Dio konstrukcije B je ravan i nema tlocrtnih lomova, što je vidljivo na prostornom prikazu na Slici 195.



Slika 195. Prostorni model za dio konstrukcije B (*Izrađeno u Allplan-u*)

Na dio B konstrukcije lukobrana djeluju ista opterećenja kao i na dio A. (Tablica 46.)

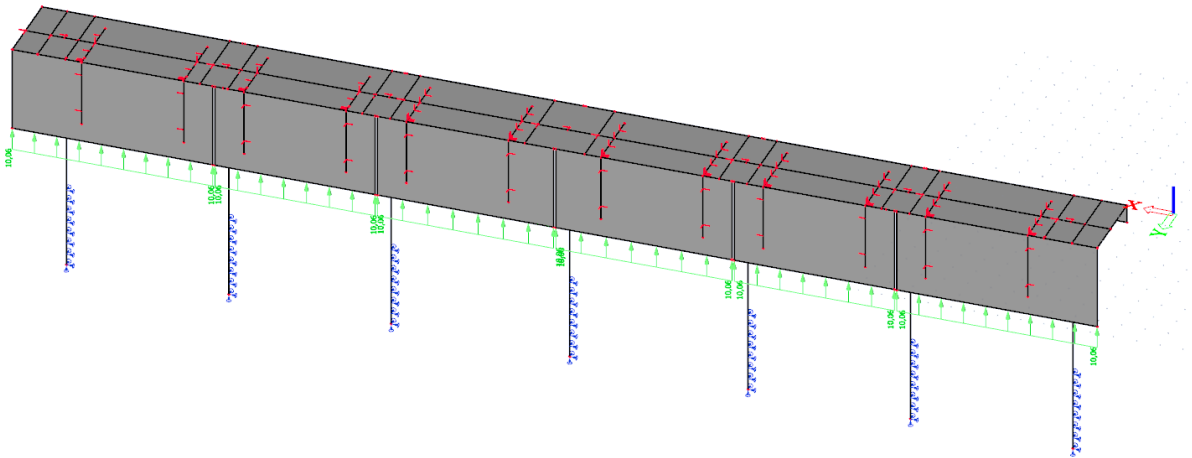


Tablica 46. Opterećenja koja djeluju na konstrukciju B

|                         |      |                            |
|-------------------------|------|----------------------------|
| stalna opterećenja      | LC1  | vlastito opterećenje       |
|                         | LC2  | uzgon                      |
| promjenjiva opterećenja | LC3  | korisno 1                  |
|                         | LC4  | korisno 2                  |
|                         | LC5  | korisno 3                  |
|                         | LC6  | korisno 4                  |
|                         | LC7  | korisno 5                  |
|                         | LC8  | korisno 6                  |
|                         | LC9  | korisno 7                  |
|                         | LC10 | korisno 8                  |
|                         | LC11 | vjetar poprečno na plovila |
|                         | LC12 | vjetar uzduž plovila       |
|                         | LC13 | vanjski valovi             |
|                         | LC14 | unutarnji valovi           |
|                         | LC15 | temperatura -              |
|                         | LC16 | temperatura +              |

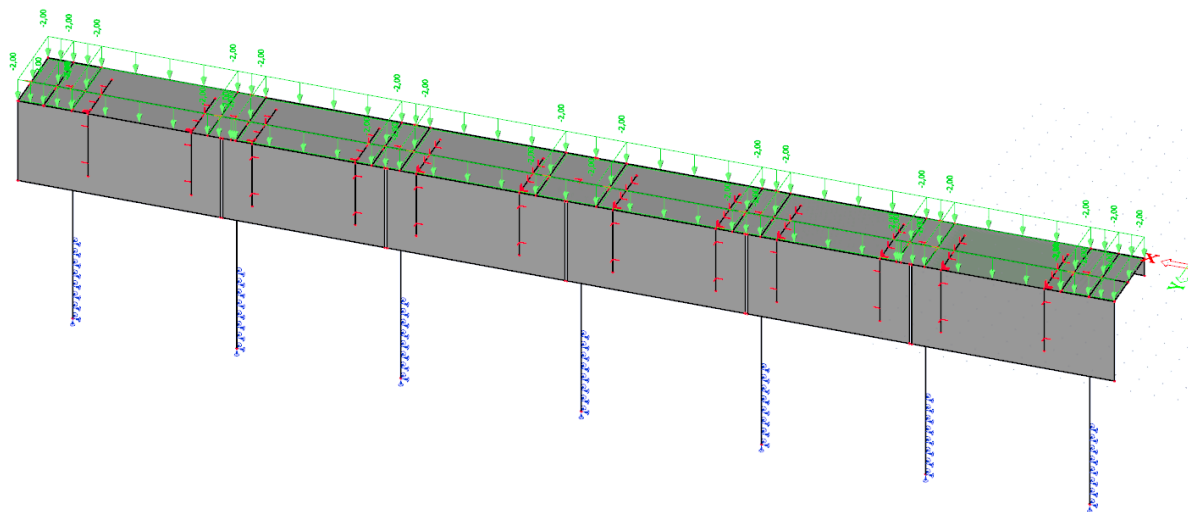
Iz navedenih opterećenja iz Tablice 46. potrebno je izvesti kombinacije za granično stanje nosivosti (Prilog 5) i granično stanje uporabljivosti (Prilog 6).

Opterećenje od vlastite težine LC1 generirano je postavljanjem modela u program i nije ga potrebno dodatno postavljati. Potrebno je unijeti uzgon kao stalno opterećenje čija je vrijednost već ranije određena. (Slika 196.)

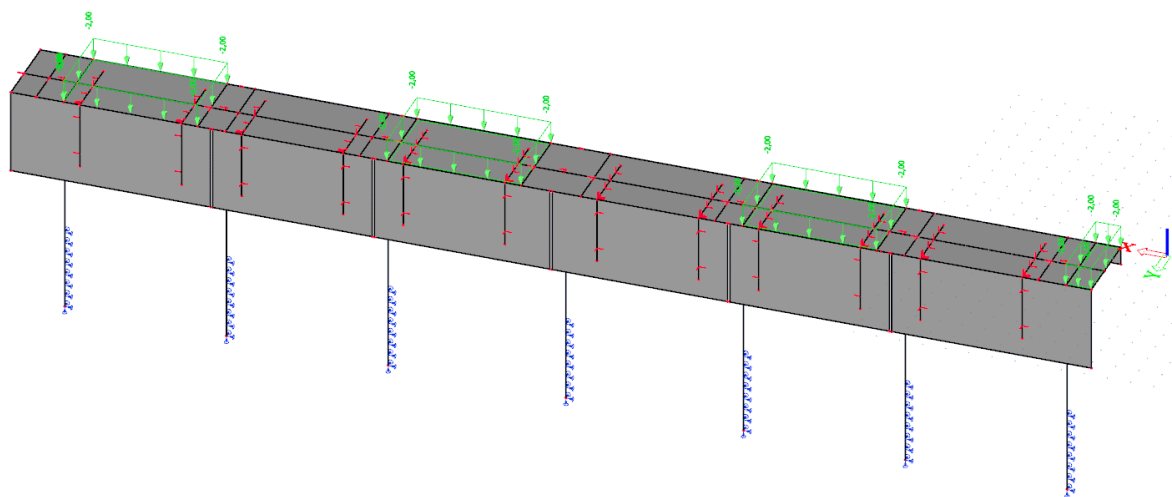


Slika 196. Opterećenje uslijed djelovanja uzgona na dio konstrukcije B

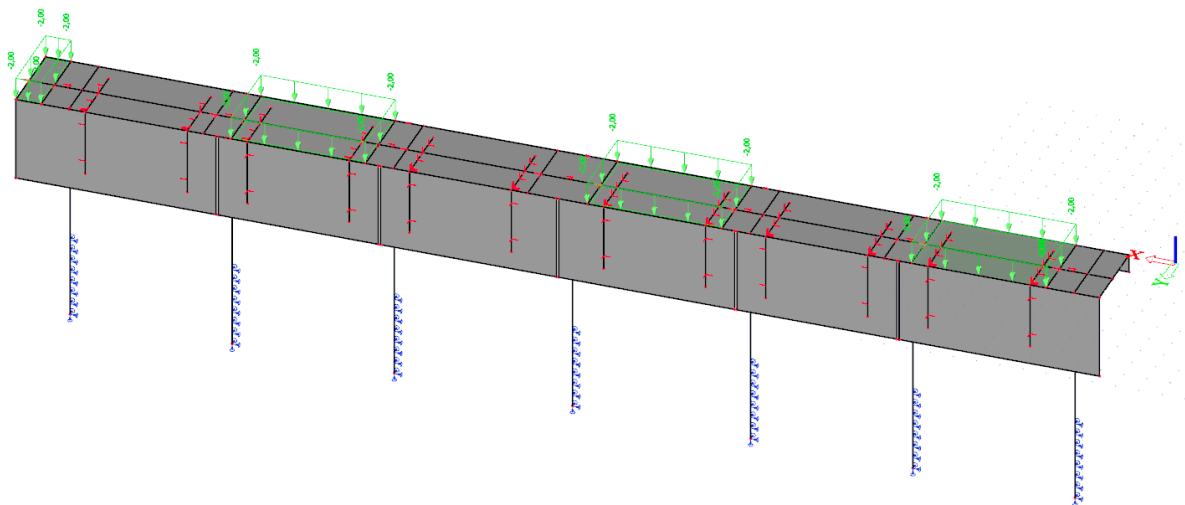
Na Slikama 197.-204. prikazano je korisno opterećenje koje djeluje na različitim dijelovima konstrukcije u različitim kombinacijama.



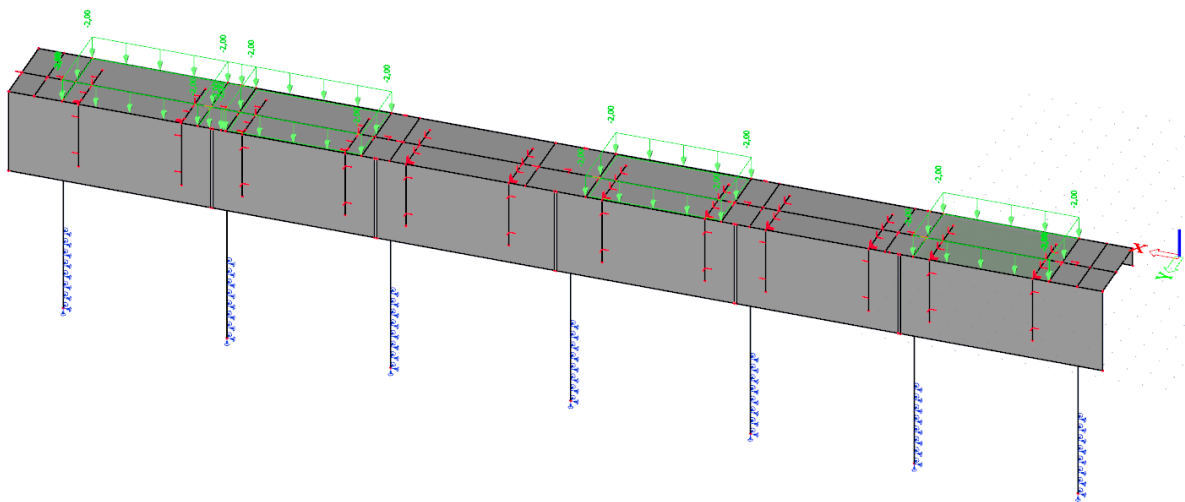
Slika 197. Korisno opterećenje LC3 koje djeluje na dio konstrukcije B



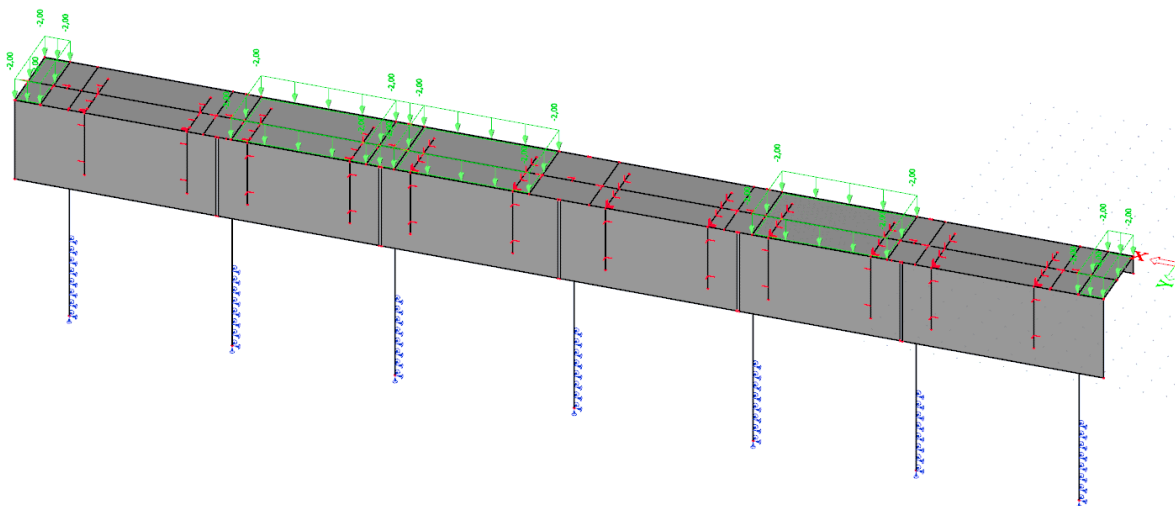
Slika 198. Korisno opterećenje LC4 koje djeluje na dio konstrukcije B



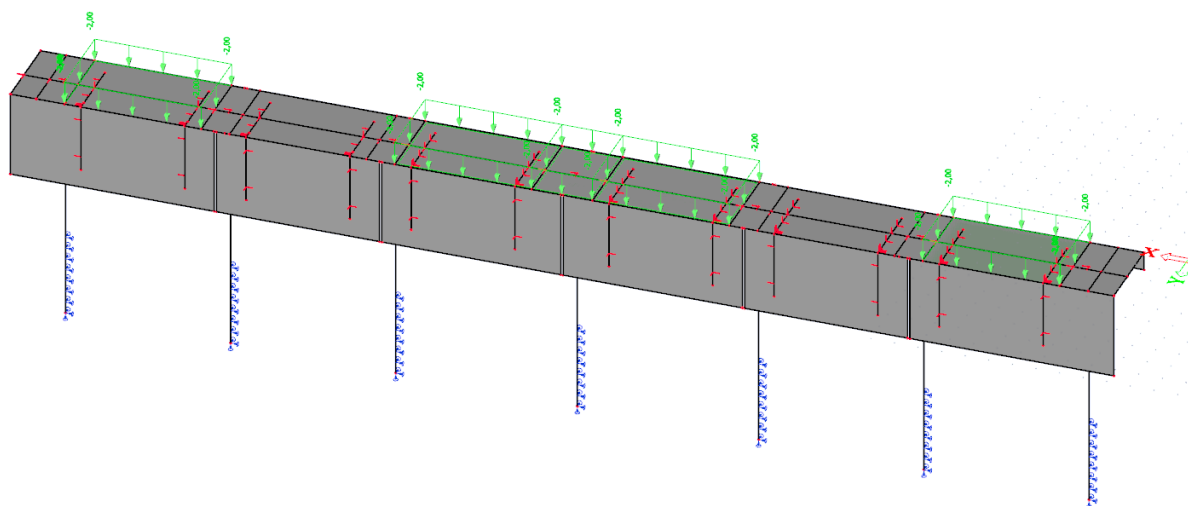
Slika 199. Korisno opterećenje LC5 koje djeluje na dio konstrukcije B



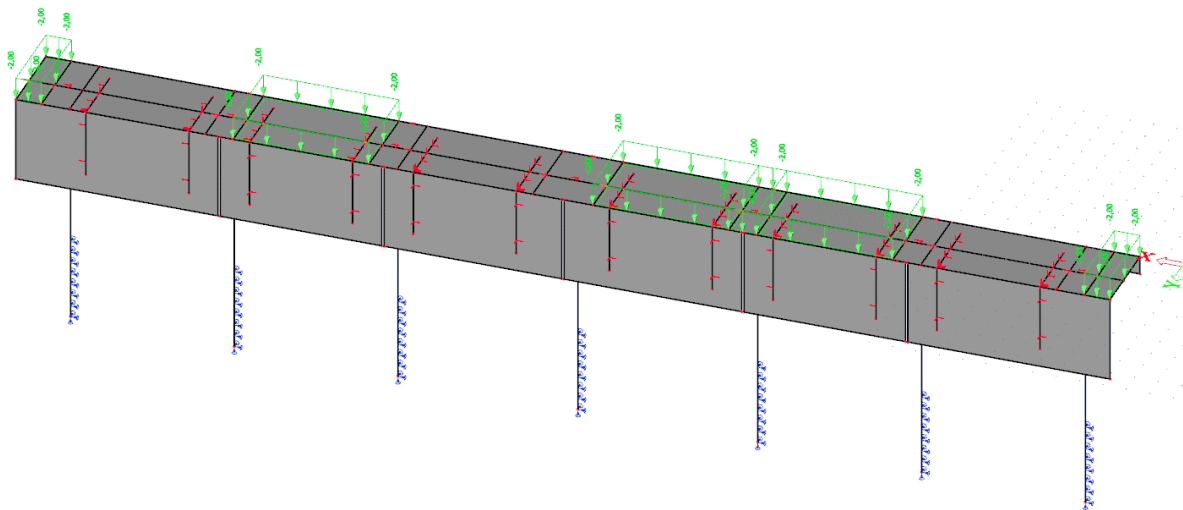
Slika 200. Korisno opterećenje LC6 koje djeluje na dio konstrukcije B



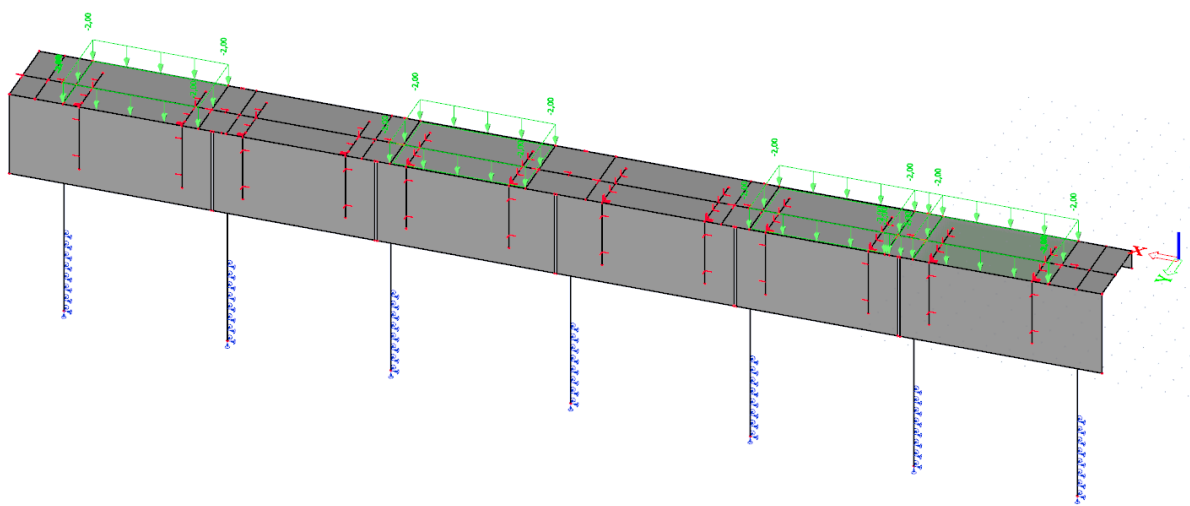
Slika 201. Korisno opterećenje LC7 koje djeluje na dio konstrukcije B



Slika 202. Korisno opterećenje LC8 koje djeluje na dio konstrukcije B

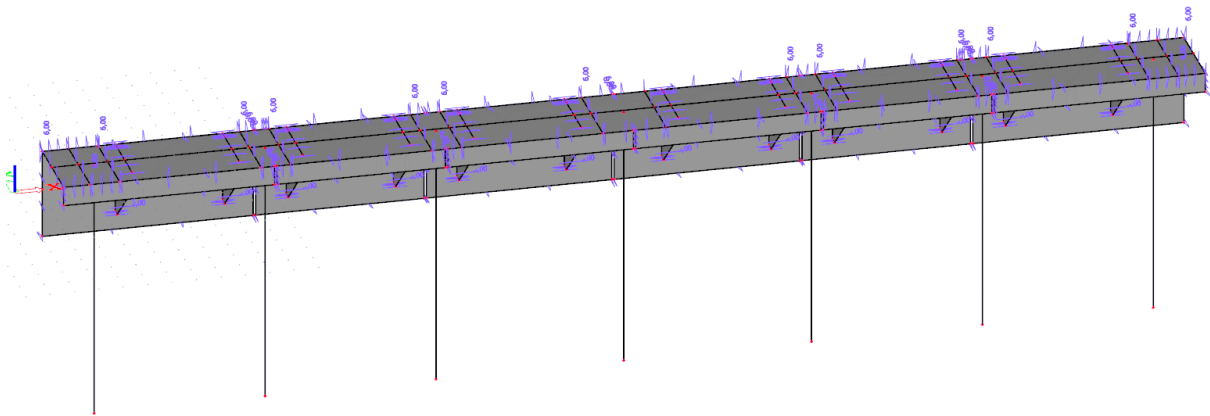


Slika 203. Korisno opterećenje LC9 koje djeluje na dio konstrukcije B

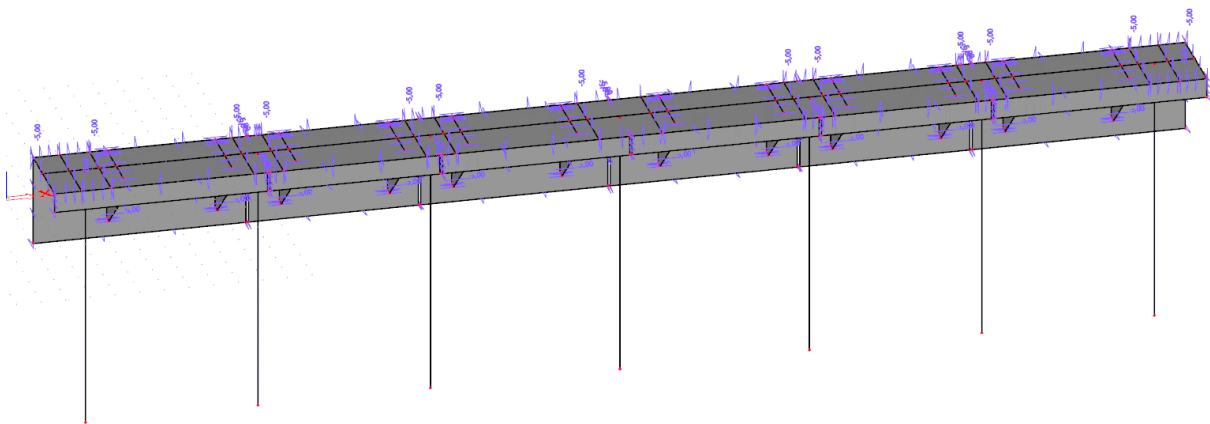


Slika 204. Korisno opterećenje LC10 koje djeluje na dio konstrukcije B

Vrijednosti temperaturnog opterećenja iste su za sve dijelove konstrukcije. (Slika 205. i Slika 206.)

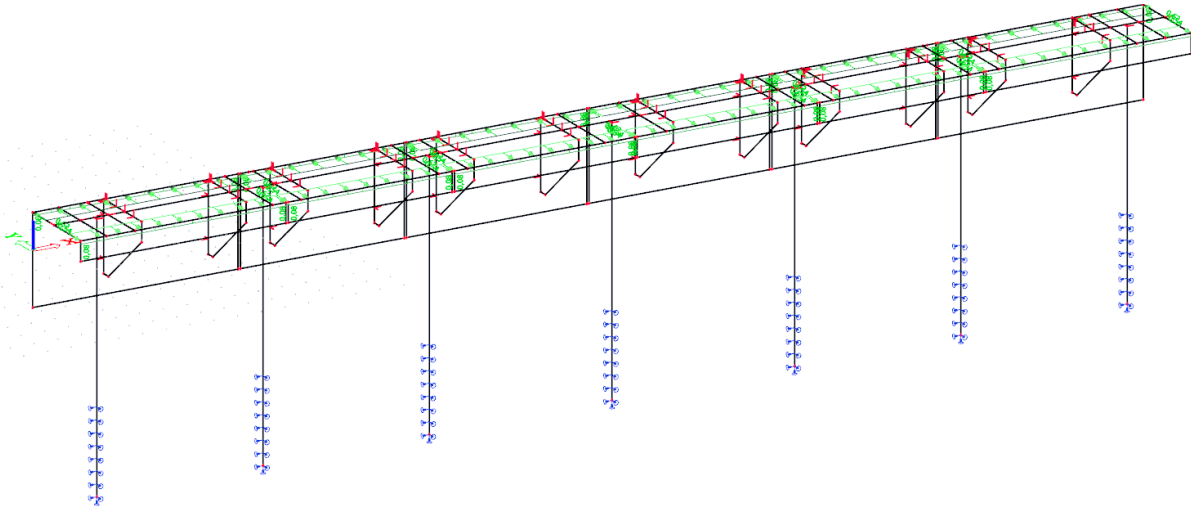


Slika 205. Pozitivne temperaturne razlike koje djeluju na dio konstrukcije B

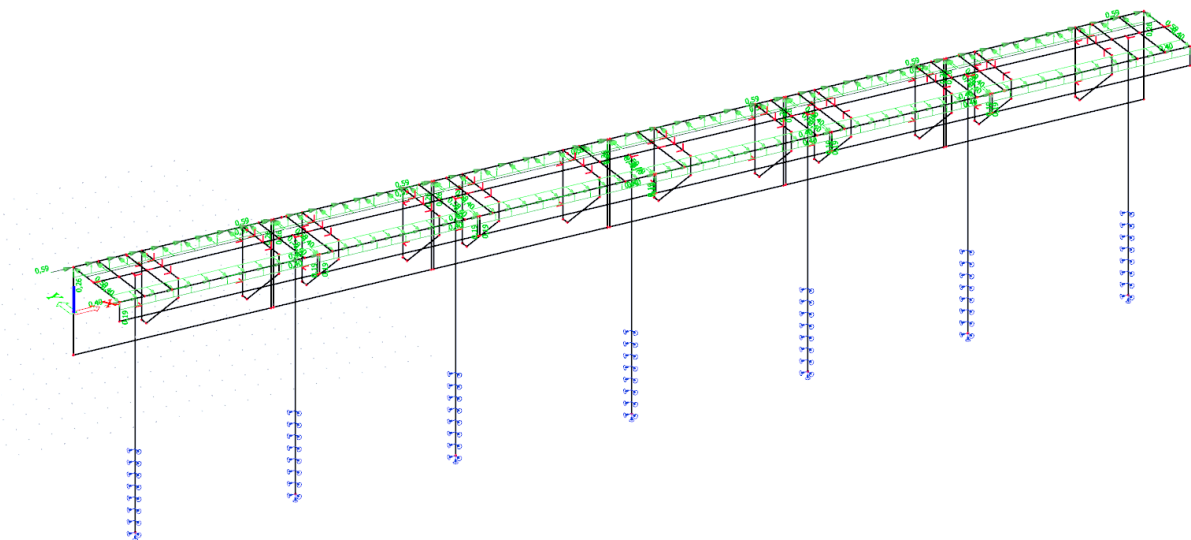


Slika 206. Negativne temperaturne razlike koje djeluju na dio konstrukcije B

Na Slici 207. nalazi se opterećenje koje stvaraju plovila uslijed poprečnog smjera puhanja vjetra na plovilo, dok je na Slici 208. prikazano opterećenje uslijed djelovanja uzdužnog opterećenja.



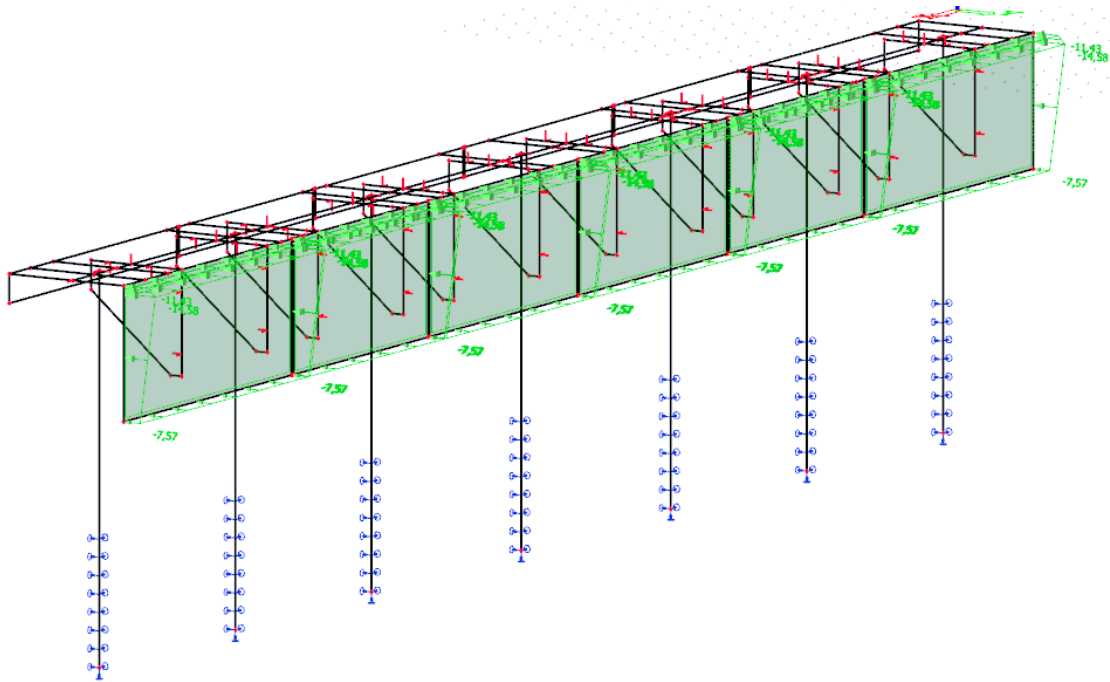
Slika 207. Djelovanja vjetra poprečno na plovila za dio konstrukcije B



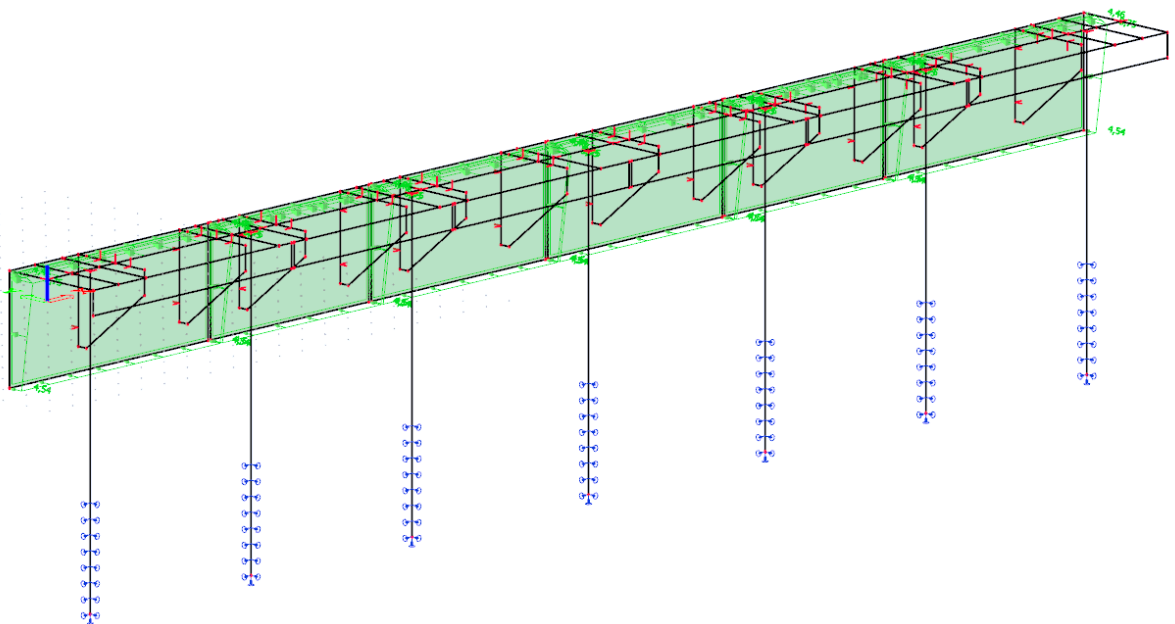
Slika 208. Djelovanja vjetra uzdužno na plovila za dio konstrukcije B

Opterećenja uslijed djelovanja vanjskih valova na dio konstrukcije B nalazi se na Slici 209, a na Slici 210. su prikazana opterećenja od djelovanja unutrašnjih valova.



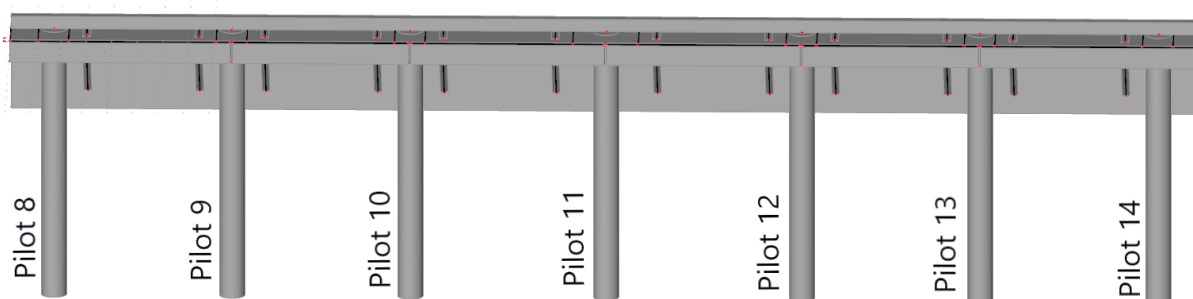


Slika 209. Djelovanje vanjskih valova na dio konstrukcije B



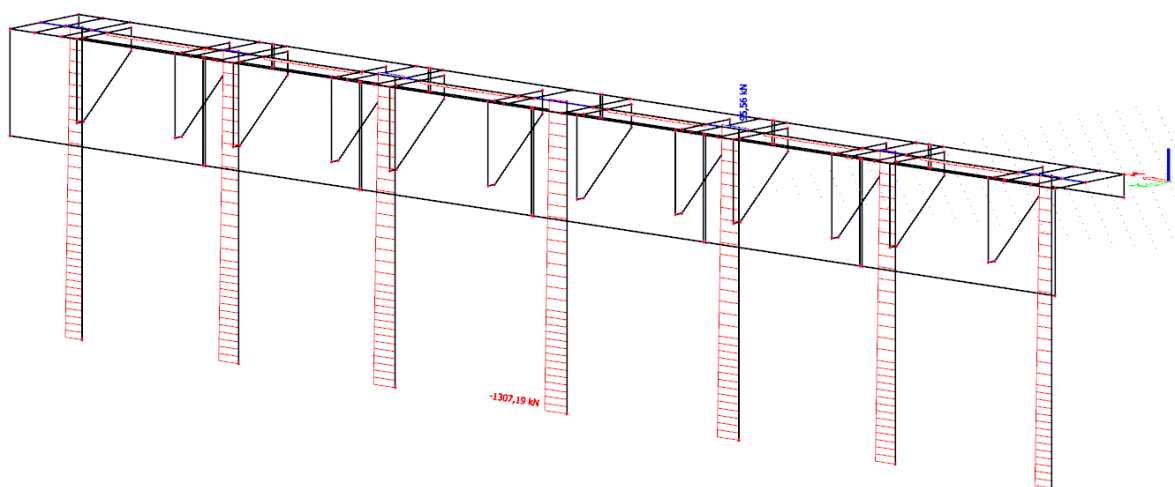
Slika 210. Djelovanje unutrašnjih valova na dio konstrukcije B

Svi piloti na dijelu konstrukcije B imaju istu dubinu od 10,8 m, a njihova numeracija prikazana je na Slici 211.

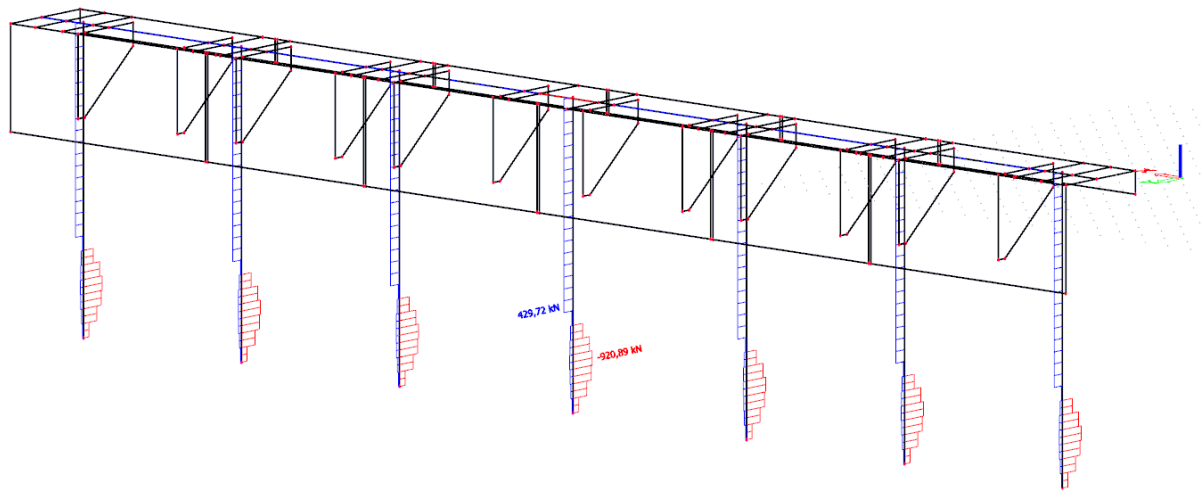


Slika 210. Numeracija pilota za dio konstrukcije B

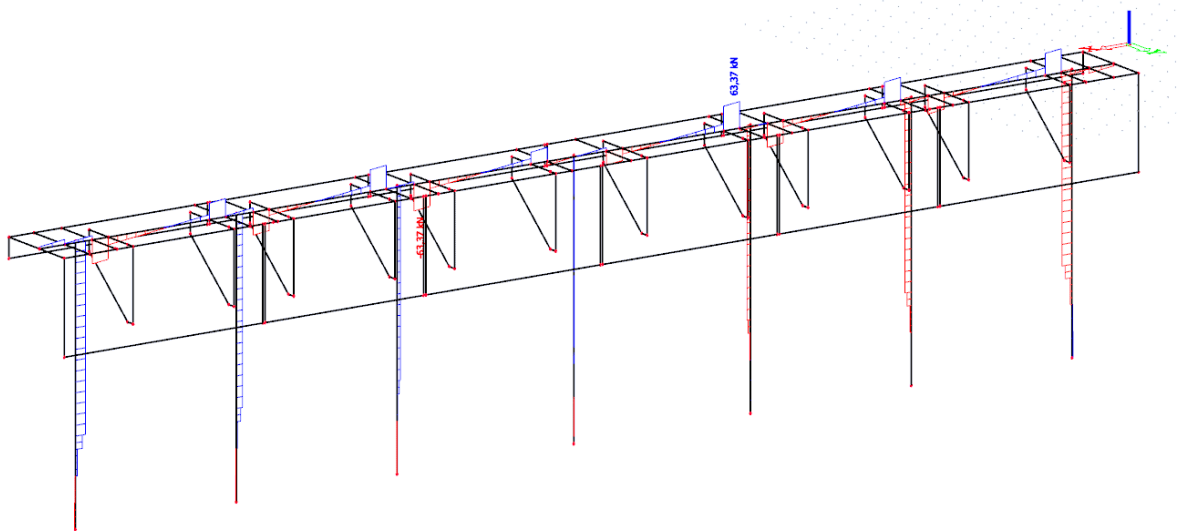
U nastavku su prikazani rezultati dobiveni za 1D elemente za mjerodavnu kombinaciju 65. (Slike 212. -216.)



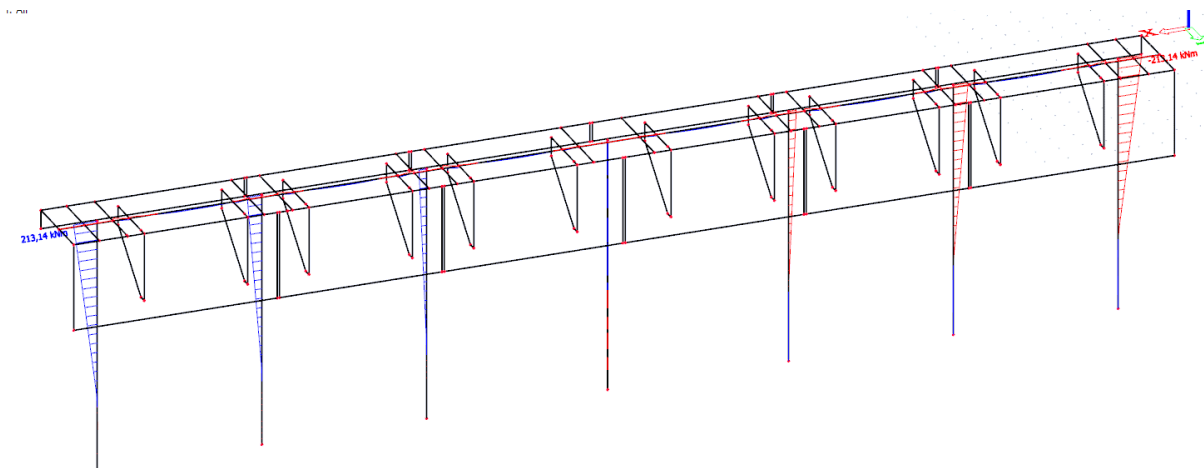
Slika 212. Uzdužna sila N na pilotima za dio konstrukcije B



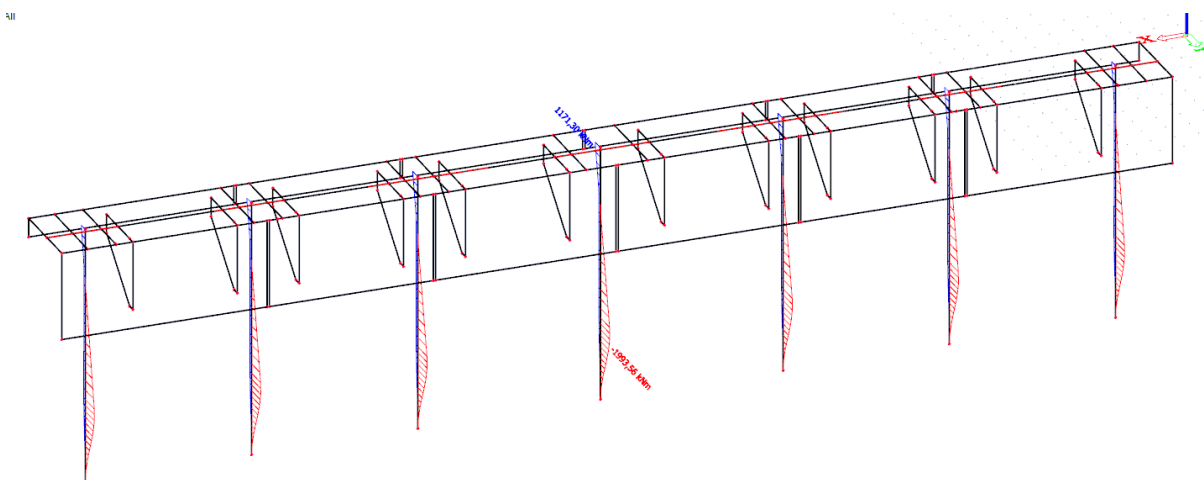
Slika 213. Poprečna sila  $V_y$  na pilotima za dio konstrukcije B



Slika 214. Poprečna sila  $V_z$  na pilotima za dio konstrukcije B



Slika 215. Moment savijanja  $M_y$  na pilotima za dio konstrukcije B



Slika 216. Moment savijanja  $M_z$  na pilotima za dio konstrukcije B

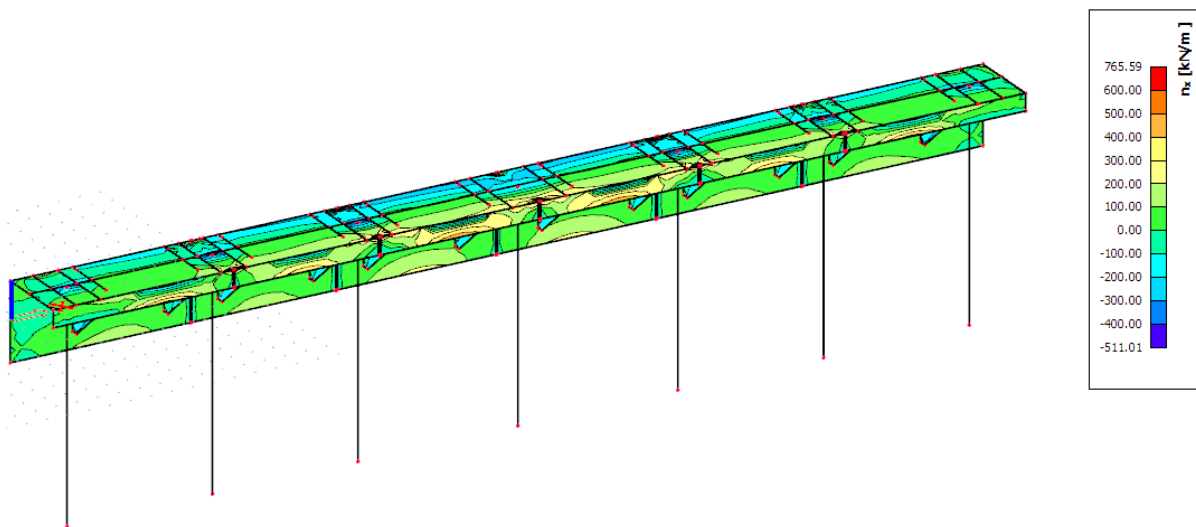
Kao i kod dijela konstrukcije A kombinacija koja uključuje vanjske valove te korisno i stalno opterećenje je mjerodavna. Za dio konstrukcije B inercijalne sile su manje od onih u konstrukciji A, te je očekivano da će biti potrebna manja armatura. (Tablica 47.)

Tablica 47. Potrebna količina uzdužne armature u pilotima za dio konstrukcije B

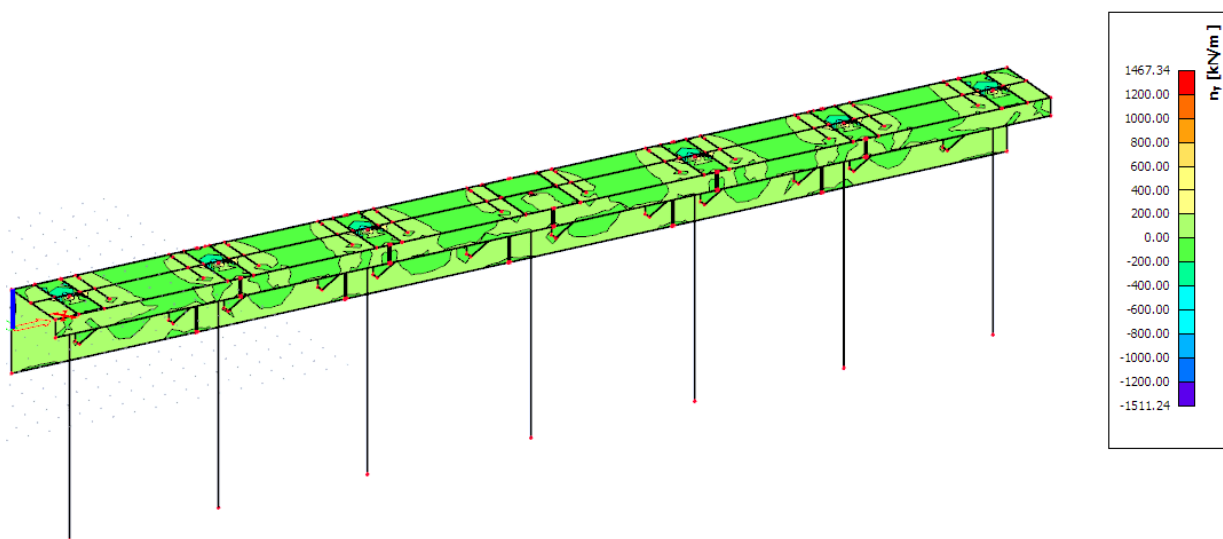
|          | As,req |                 |
|----------|--------|-----------------|
| Pilot 8  | 99     | cm <sup>2</sup> |
| Pilot 9  | 99     | cm <sup>2</sup> |
| Pilot 10 | 99     | cm <sup>2</sup> |
| Pilot 11 | 99     | cm <sup>2</sup> |
| Pilot 12 | 99     | cm <sup>2</sup> |
| Pilot 13 | 99     | cm <sup>2</sup> |
| Pilot 14 | 99     | cm <sup>2</sup> |

Potrebna količina armature ista je za sve pilote i veća je od minimalne potrebne armature za pilote promjera 1,0 m. Na svakom pilotu na dijelu konstrukcije B potrebno je postaviti uzdužnu armaturu 21  $\phi$  25 (103,11 cm<sup>2</sup>). Poprečna armatura  $\phi$ 10/15 cm postavlja se po cijeloj visini pilota.

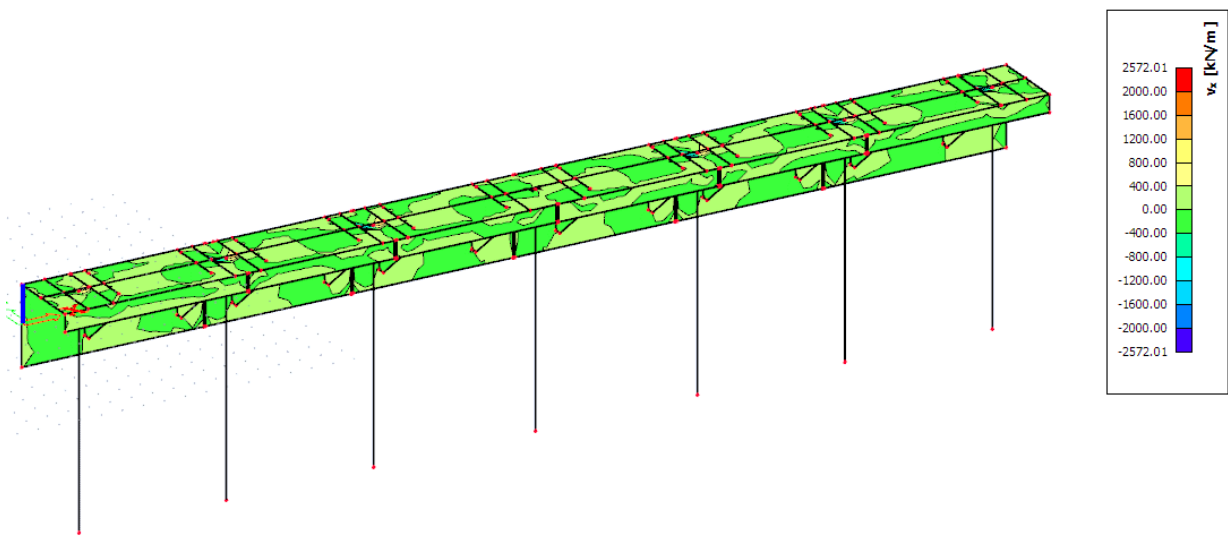
Na Slikama 217.-222. prikazane su inercijalne sile za 2D elemente u konstrukcijskom dijelu B za mjerodavnu kombinaciju 65.



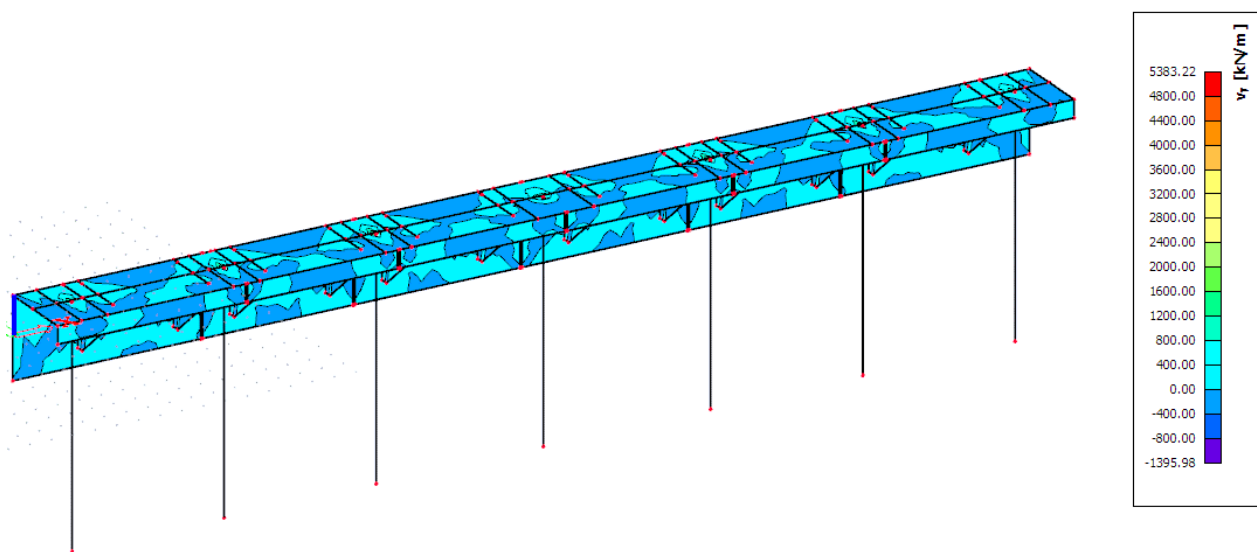
Slika 217. Uzdužne sile  $n_x$  za dio konstrukcije A



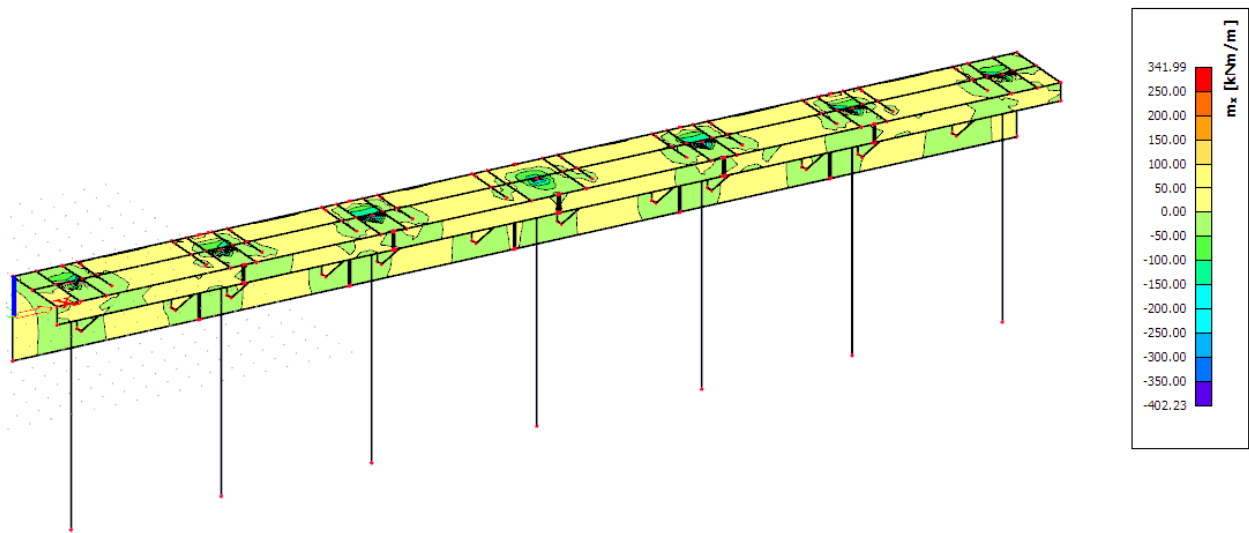
Slika 218. Uzdužne sile  $n_y$  za dio konstrukcije B



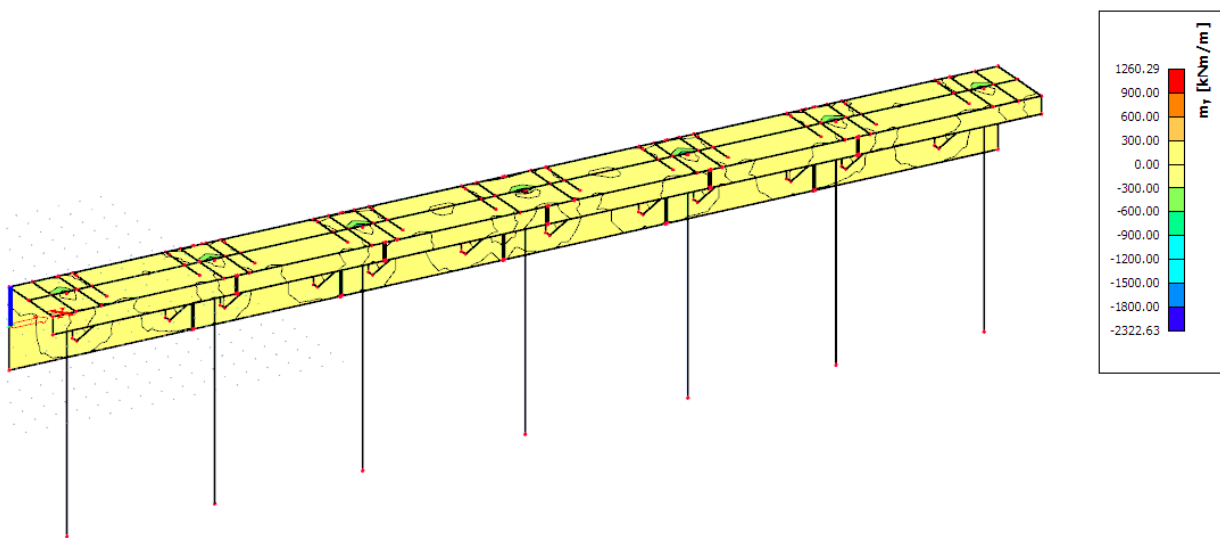
Slika 219. Poprečne sile  $v_x$  za dio konstrukcije B



Slika 220. Poprečne sile  $v_y$  za dio konstrukcije B



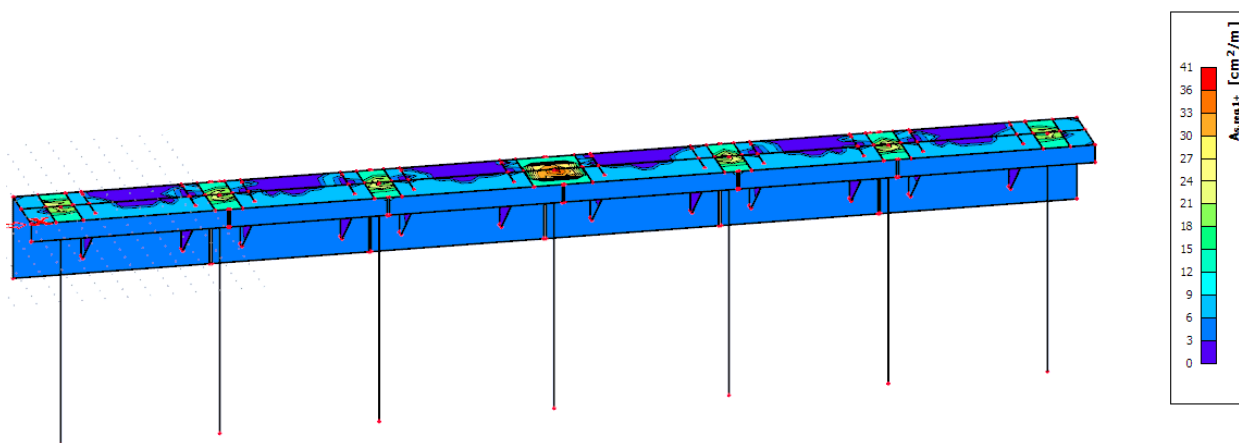
Slika 221. Moment savijanja  $m_x$  za dio konstrukcije B



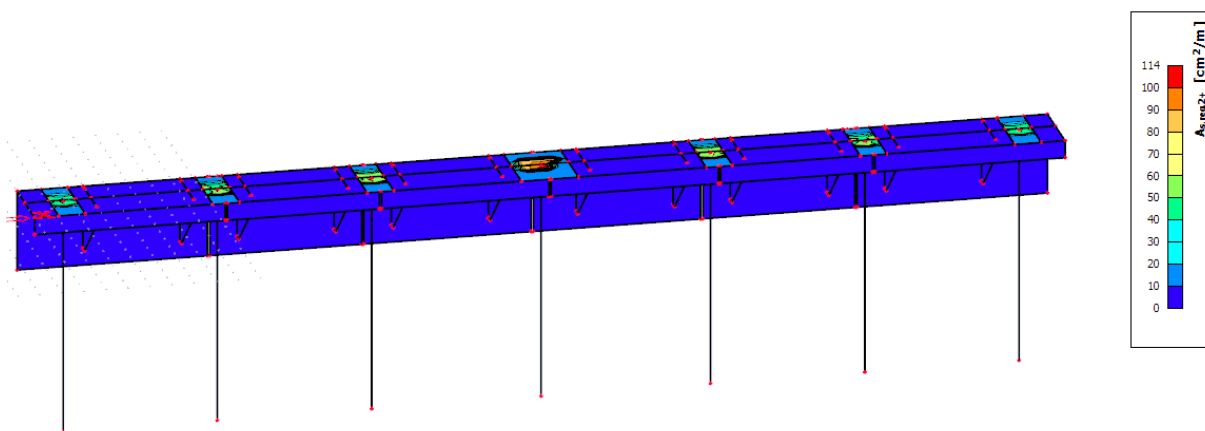
Slika 222. Moment savijanja  $m_y$  za dio konstrukcije B



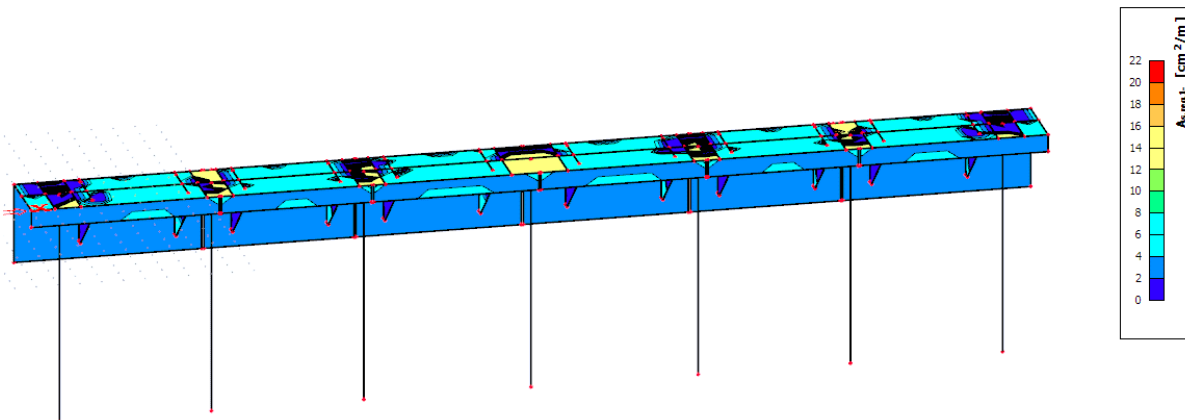
O dobivenim dijagramima inercijalnih sila ovisit će količina potrebne armature koja je za gornju zonu prikazana na Slikama 223. i 224., dok se potrebna armatura za donju zonu nalazi na Slikama 225. i 226.



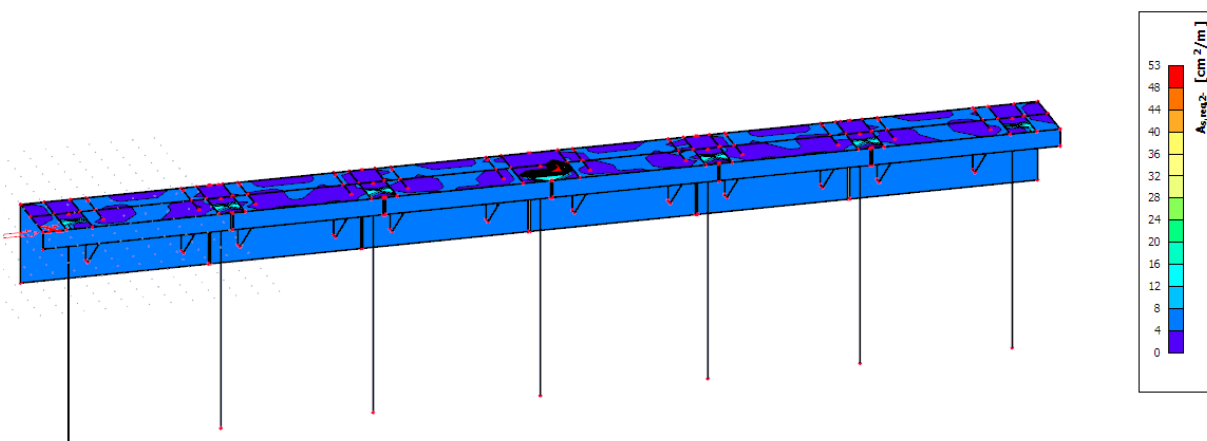
Slika 223. Potrebna uzdužna armatura za gornju zonu dijela konstrukcije B



Slika 224. Potrebna poprečna armatura za gornju zonu dijela konstrukcije B



Slika 225. Potrebna uzdužna armatura za donju zonu dijela konstrukcije B



Slika 226. Potrebna poprečna armatura za donju zonu dijela konstrukcije B

Na Prilogu 7. prikazani su pomaci konstrukcije za kombinaciju 195. kod graničnog stanja uporabljivosti. Maksimalni pomaci od 65,00 mm koji se pojavljuju na gornjem rubu valobranog ekrana za dio konstrukcije B manji su od dopuštenih pomaka koji iznose 86,4 mm. Pomaci za dio konstrukcije B neznatno su manji od onih za dio konstrukcije A.

Rezultati modalne analize prikazani su u Tablici 48.

Tablica 48. Rezultati dinamičke analize za dio konstrukcije B

| N                             | f<br>[Hz] | $\omega$<br>[1/s] | $\omega^2$<br>[1/s <sup>2</sup> ] | T<br>[s] |
|-------------------------------|-----------|-------------------|-----------------------------------|----------|
| <b>Mass combination : CM1</b> |           |                   |                                   |          |
| 1                             | 1,07      | 6,73              | 45,34                             | 0,93     |
| 2                             | 1,38      | 8,69              | 75,59                             | 0,72     |
| 3                             | 1,82      | 11,42             | 130,48                            | 0,55     |
| 4                             | 4,17      | 26,18             | 685,41                            | 0,24     |
| 5                             | 4,50      | 28,29             | 800,12                            | 0,22     |
| 6                             | 4,97      | 31,24             | 975,87                            | 0,20     |
| 7                             | 5,31      | 33,36             | 1113,19                           | 0,19     |
| 8                             | 5,90      | 37,09             | 1375,89                           | 0,17     |
| 9                             | 7,30      | 45,88             | 2105,02                           | 0,14     |
| 10                            | 7,81      | 49,09             | 2409,35                           | 0,13     |
| 11                            | 8,39      | 52,72             | 2779,73                           | 0,12     |
| 12                            | 10,12     | 63,56             | 4040,44                           | 0,10     |
| 13                            | 10,25     | 64,41             | 4148,20                           | 0,10     |
| 14                            | 11,78     | 74,04             | 5482,23                           | 0,08     |
| 15                            | 12,63     | 79,38             | 6301,76                           | 0,08     |
| 16                            | 14,44     | 90,70             | 8226,75                           | 0,07     |
| 17                            | 15,42     | 96,88             | 9385,56                           | 0,06     |
| 18                            | 18,79     | 118,03            | 13931,54                          | 0,05     |
| 19                            | 21,00     | 131,93            | 17405,07                          | 0,05     |
| 20                            | 21,42     | 134,60            | 18116,07                          | 0,05     |

## 8.8. Rezultati za dio konstrukcije c

Dio konstrukcije C koji je prikazan na Slici 226. služi kao pristupna pasarela.



Slika 226. Prostorni model za dio konstrukcije C (Izrađeno u Allplan-u)

Proračun armiranobetonske ploče i naglavnica proveden je zasebno u fazi izvedbe. Dio konstrukcije C je potrebno opteretiti svim opterećenjima iz Tablice 49. koja će na nju djelovati u fazi uporabe.

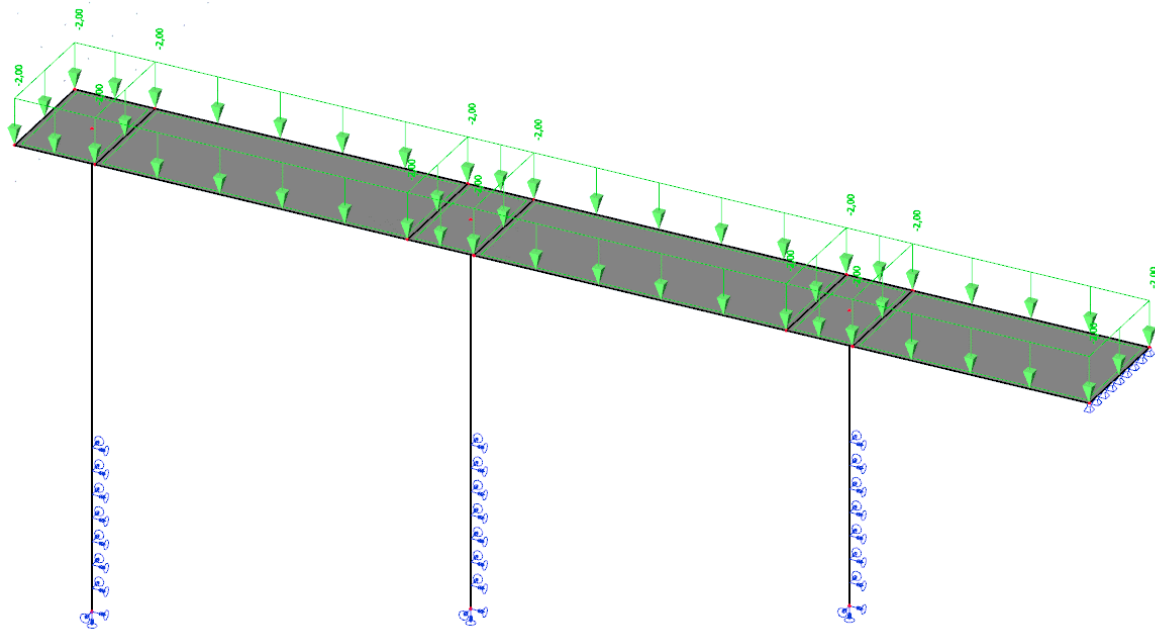
*Tablica 49. Opterećenja koja djeluju na konstrukciju C*

|                         |     |                      |
|-------------------------|-----|----------------------|
| stalna opterećenja      | LC1 | vlastito opterećenje |
| promjenjiva opterećenja | LC2 | korisno 1            |
|                         | LC3 | korisno 2            |
|                         | LC4 | korisno 3            |
|                         | LC5 | korisno 4            |
|                         | LC6 | korisno 5            |
|                         | LC7 | temperatura -        |
|                         | LC8 | temperatura +        |

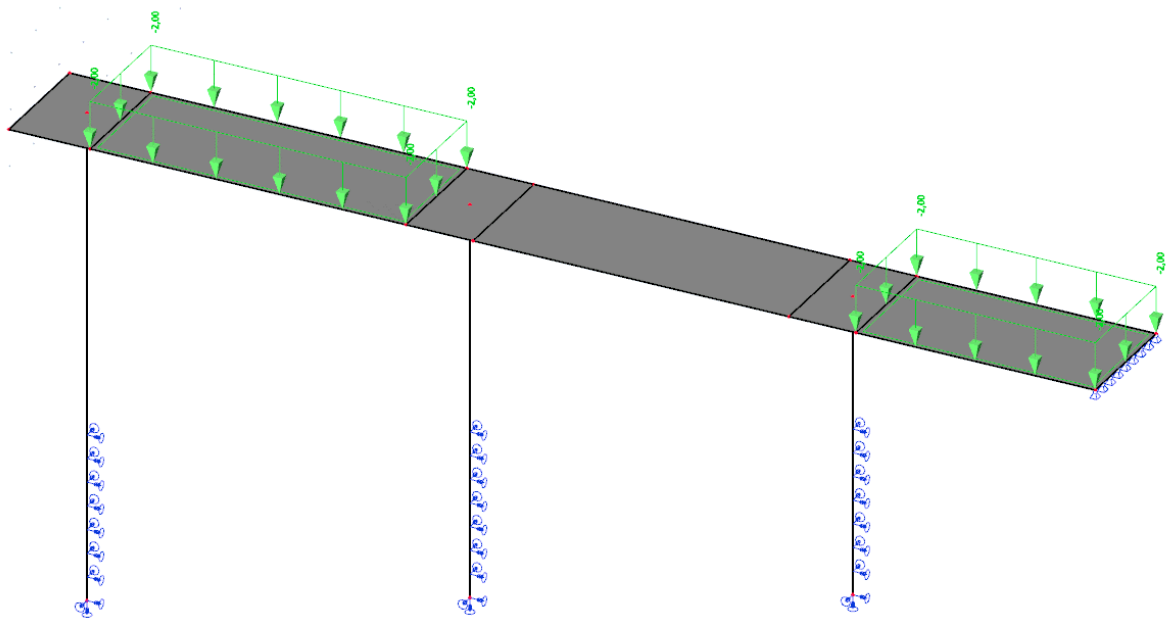
Iz navedenih opterećenja iz Tablice 49. potrebno je izvesti kombinacije za granično stanje nosivosti (Prilog 8.) i granično stanje uporabljivosti (Prilog 9.).

Od stalnog opterećenja javlja se samo vlastita težina koju nije potrebno dodatno unositi.

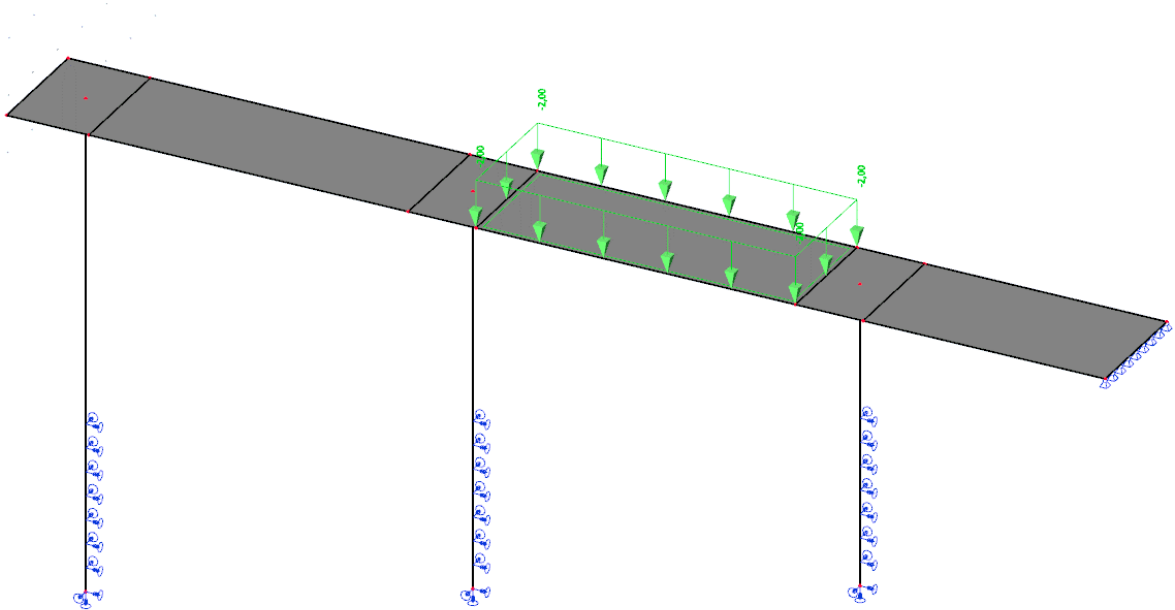
Na konstrukciju djeluje korisno opterećenje koje se postavlja na različite segmentne konstrukcije kao što je vidljivo na Slikama 228. – 232.



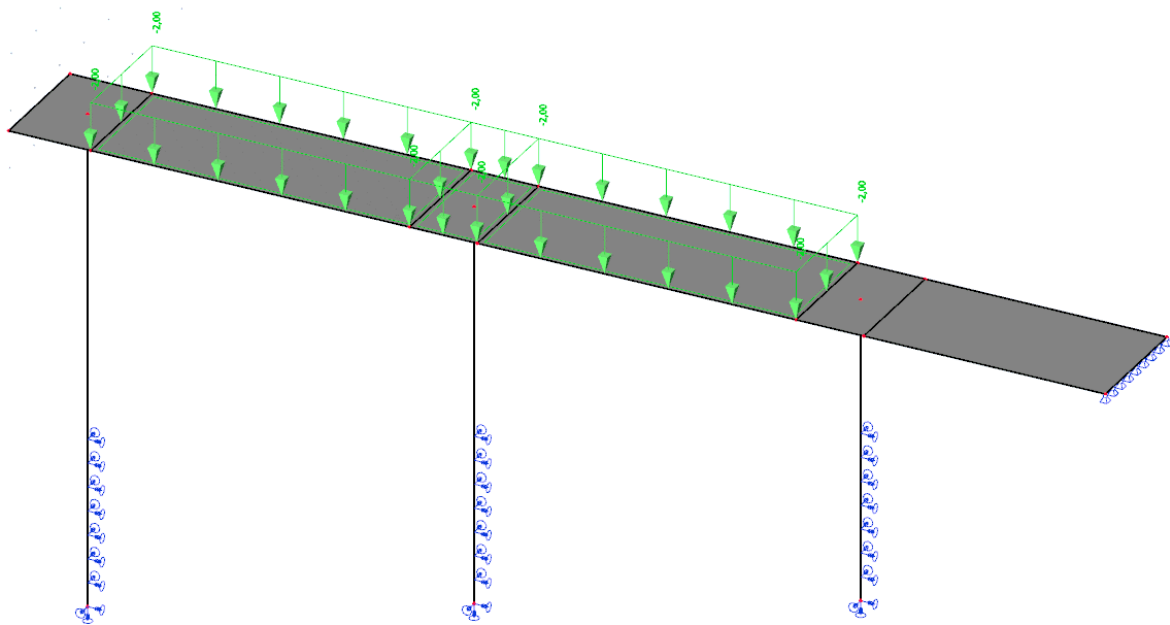
Slika 228. Korisno opterećenje LC3 koje djeluje na dio konstrukcije C



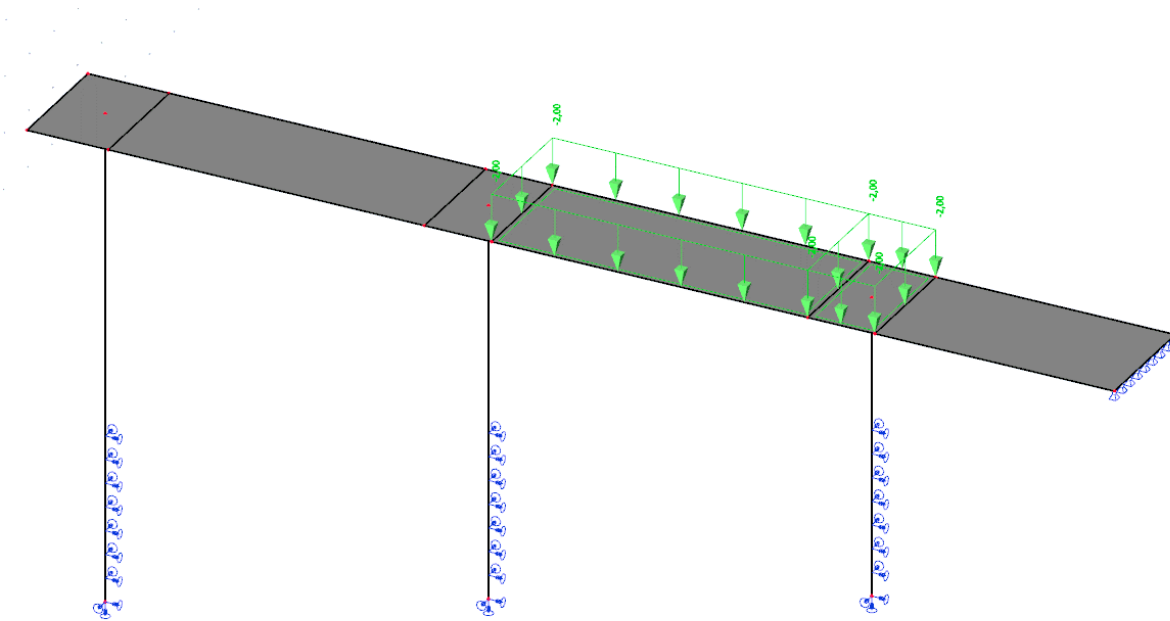
Slika 229. Korisno opterećenje LC4 koje djeluje na dio konstrukcije C



Slika 230. Korisno opterećenje LC5 koje djeluje na dio konstrukcije C

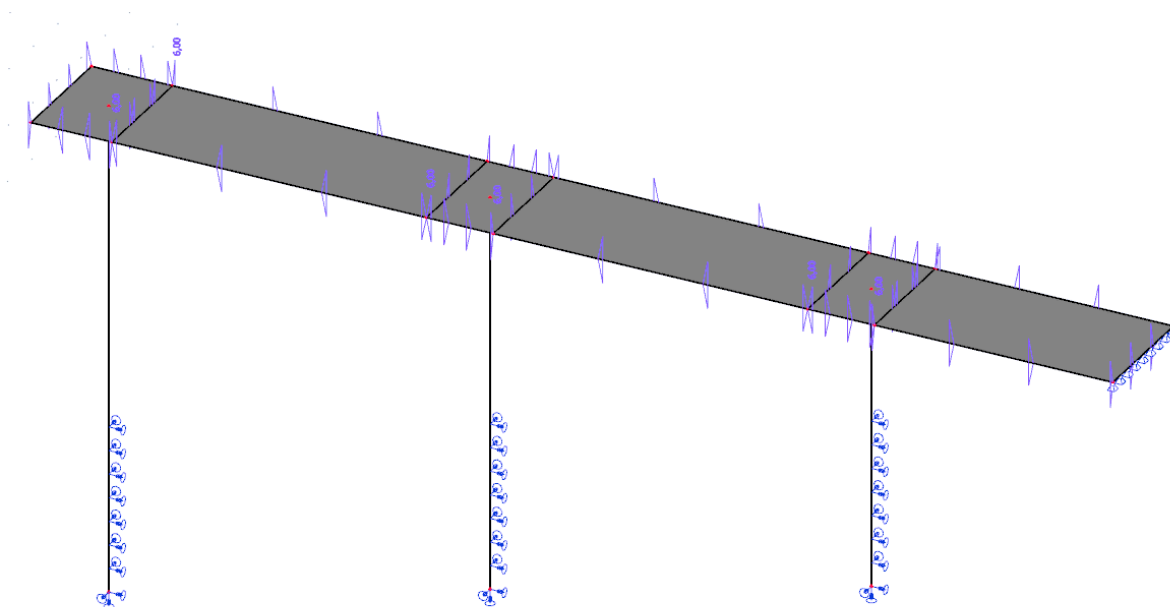


Slika 231. Korisno opterećenje LC6 koje djeluje na dio konstrukcije C



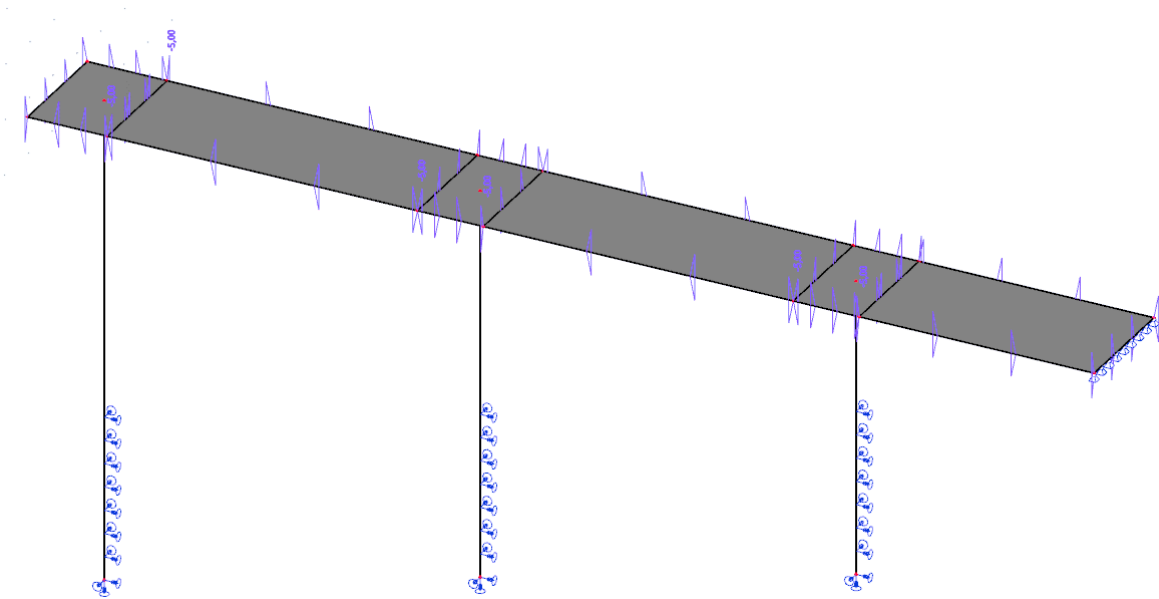
Slika 232. Korisno opterećenje LC7 koje djeluje na dio konstrukcije C

Temperaturno opterećenje isto je za sve dijelove konstrukcije i prikazano je na Slikama 233. i 234.



Slika 233. Pozitivne temperaturne razlike koje djeluju na dio konstrukcije C

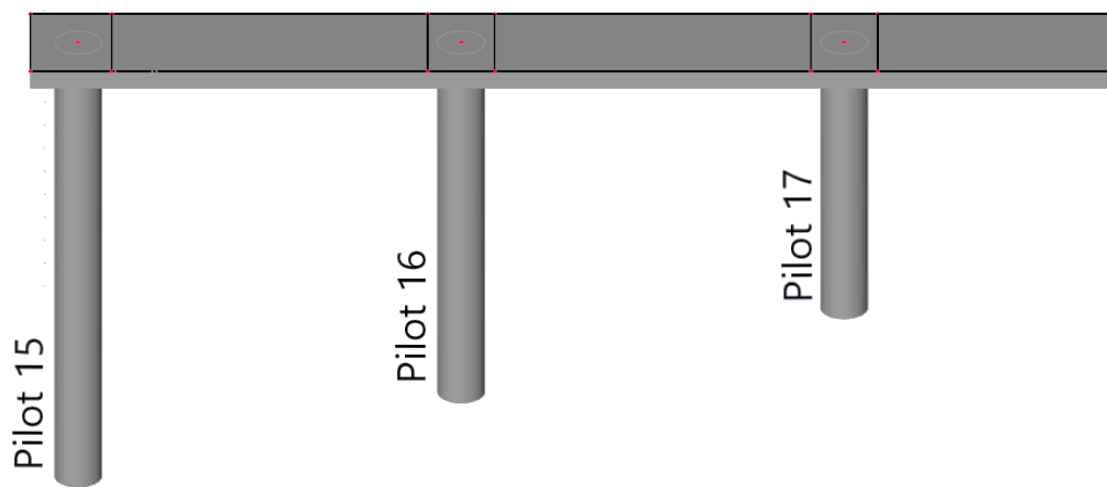




Slika 234. Negativne temperaturne razlike koje djeluju na dio konstrukcije C

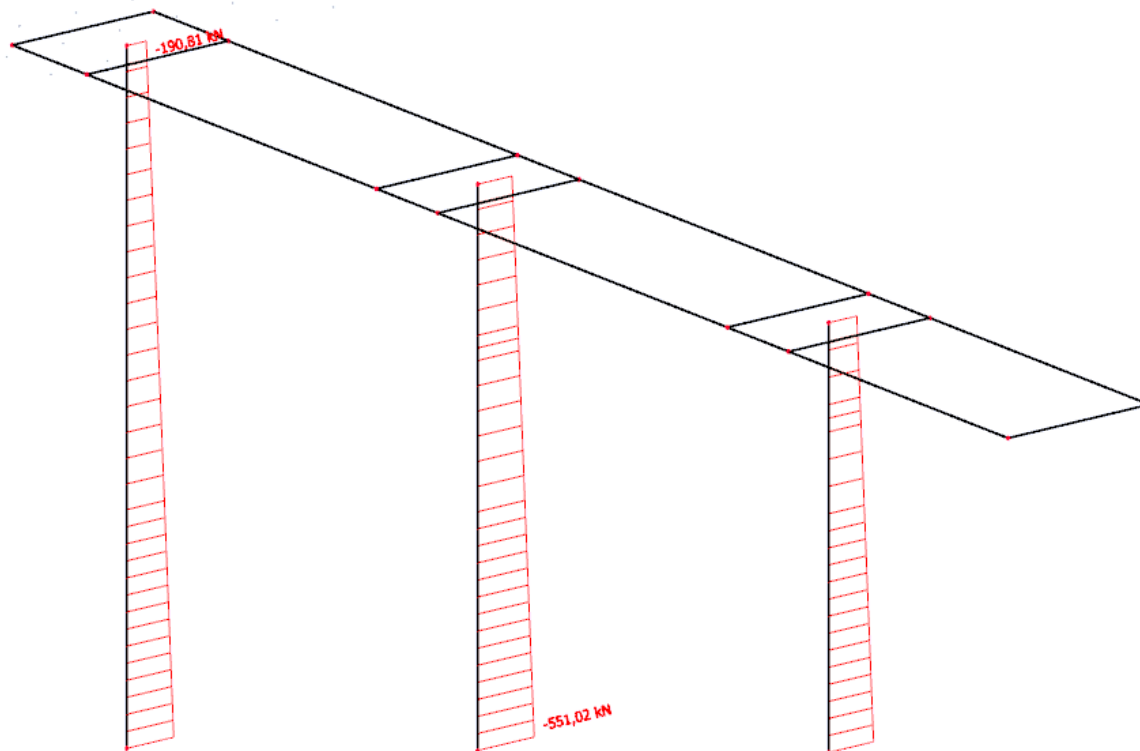
Na dio konstrukcije C ne vežu se plovila pa njihovo opterećenje ne utječe na konstrukciju. Također, utjecaj valova na konstrukciju C ne uzima se u obzir.

Piloti kod dijela konstrukcije C prikazani su na Slici 235. Dužina pilota 15 iznosi 10,3, pilot 16 dugačak je 8,3 m dok je pilot 17 najkraći sa dužinom od 6,3 m.



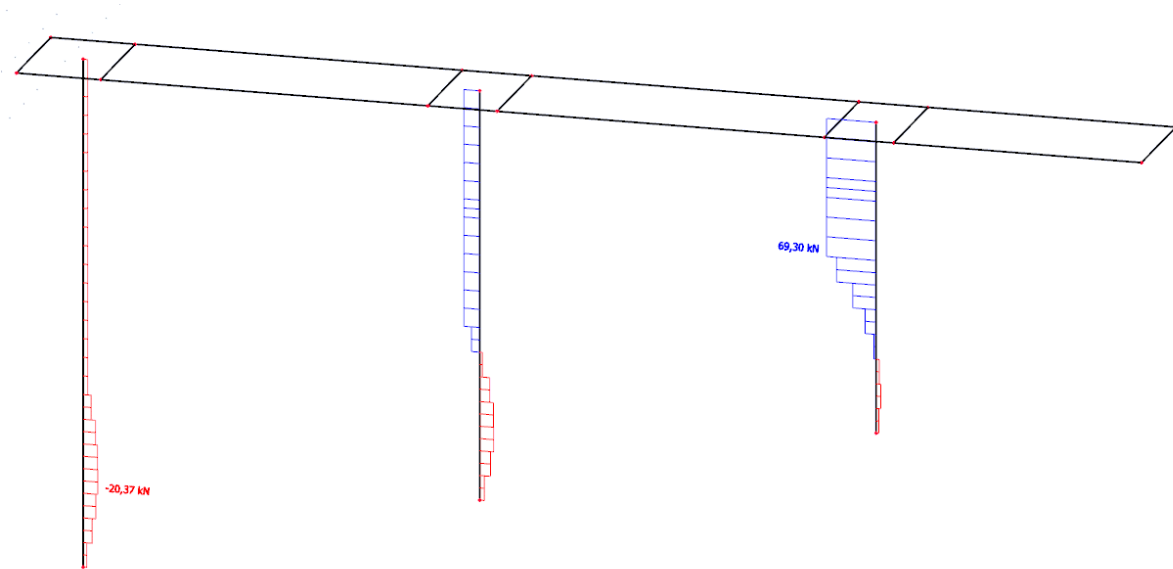
Slika 235. Numeracija pilota za dio konstrukcije C

Najveća uzdužna sila u pilotima javlja se kod kombinacije 8. (Slika 236.)

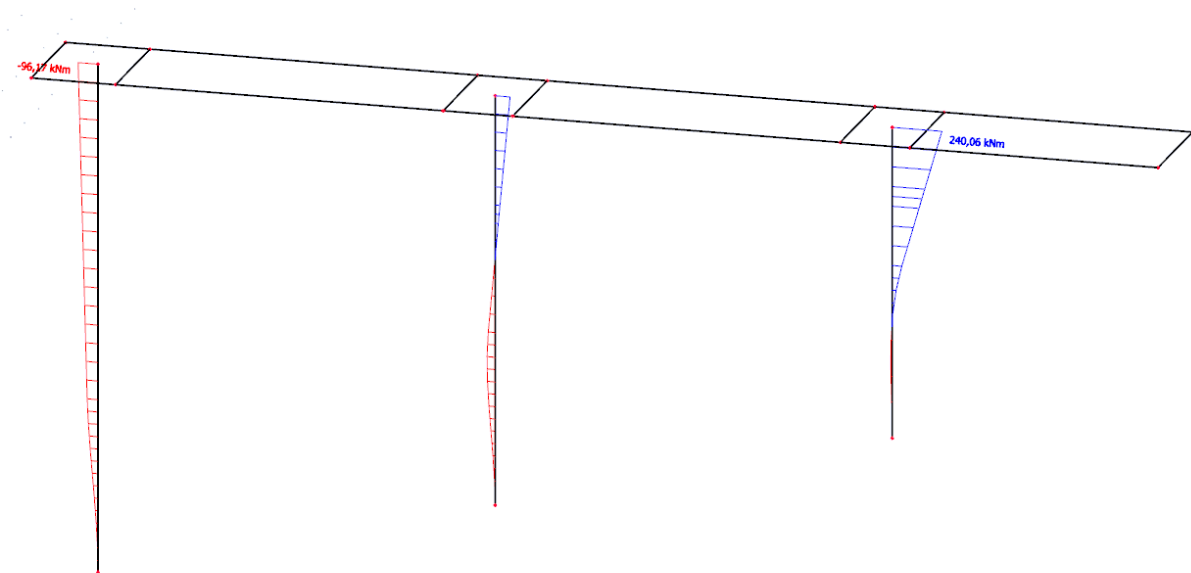


Slika 236. Uzdužna sila N na pilotima za dio konstrukcije C

Maksimalne poprečna sila  $V_y$  koja stavra moment  $M_z$  pojavljuje se za kombinaciju 24.  
(Slika 237. i 238.)



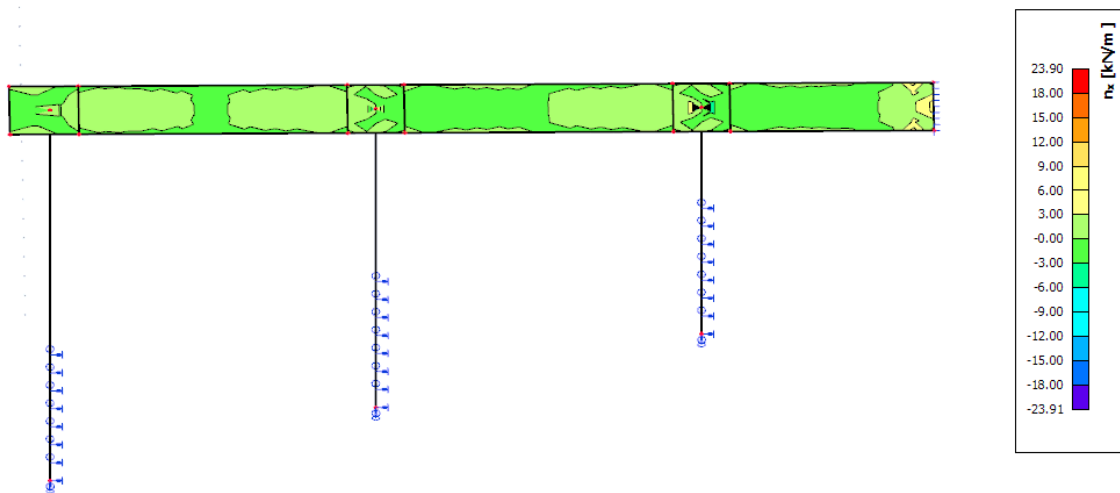
Slika 237. Poprečna sila  $V_y$  na pilotima za dio konstrukcije C



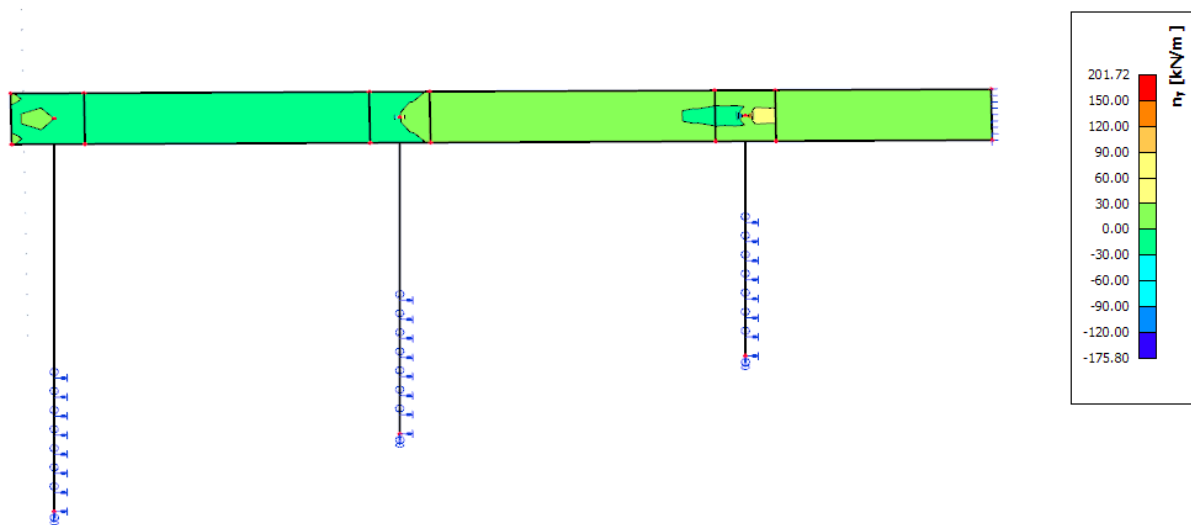
Slika 238. Moment savijanja  $M_z$  na pilotima za dio konstrukcije C

Kako na konstrukciju C djeluju manja opterećenja nego što je to za dijelove A i B očekivano je da će biti potrebna manja armatura. Za pilote 15.-17. biti će dovoljna minimalna količina armature od  $78,54 \text{ cm}^2$ , što bi značilo da bi se u svaki pilot trebala ugraditi uzdužna armatura  $21 \phi 22$  ( $79,8 \text{ cm}^2$ ). Poprečna armatura  $\phi 10/15 \text{ cm}$  postavlja se u svakom pilotu po cijeloj visini.

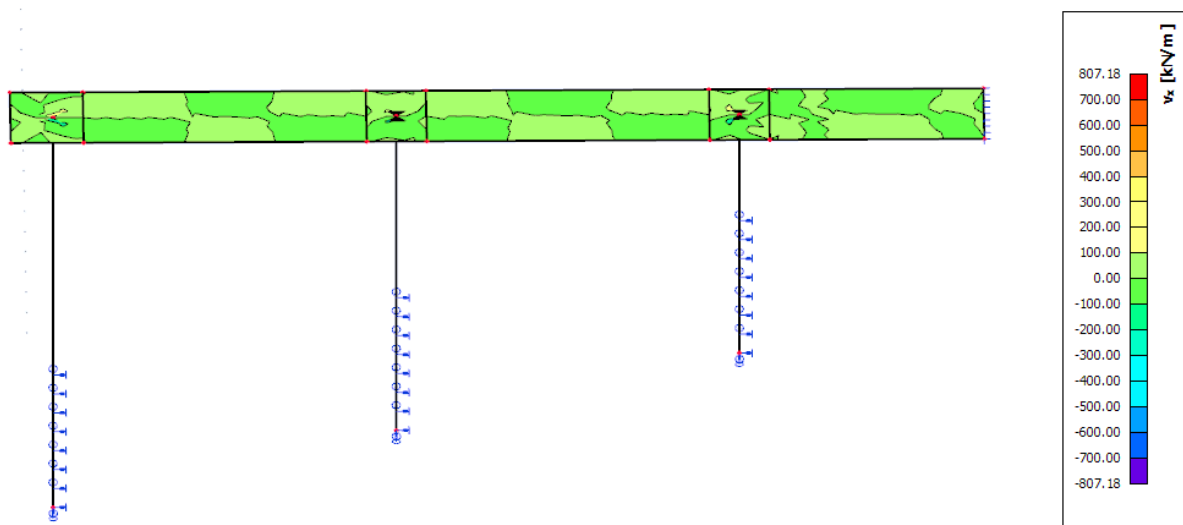
Na Slikama 239-244 prikazane su inercijalne sile za 2D elemente u konstrukcijskom dijelu C. C. Pomoću rezultata sila i momenata bit će moguće odrediti količinu uzdužne armature u pločastim dijelovima konstrukcije. Kao mjerodavnu kombinaciju uzimamo kombinaciju 24.



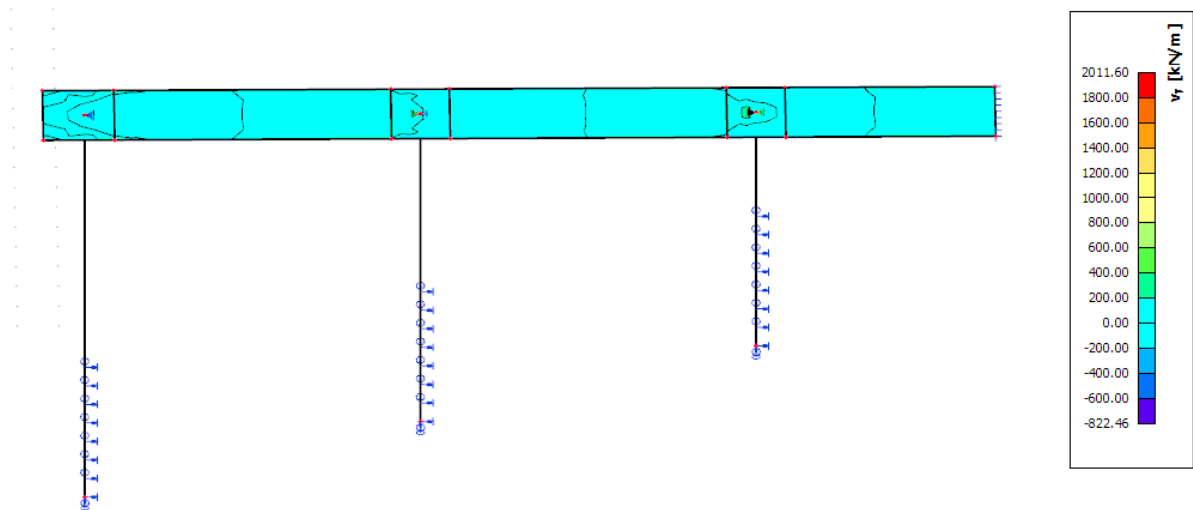
Slika 239. Uzdužne sile  $n_x$  za dio konstrukcije C



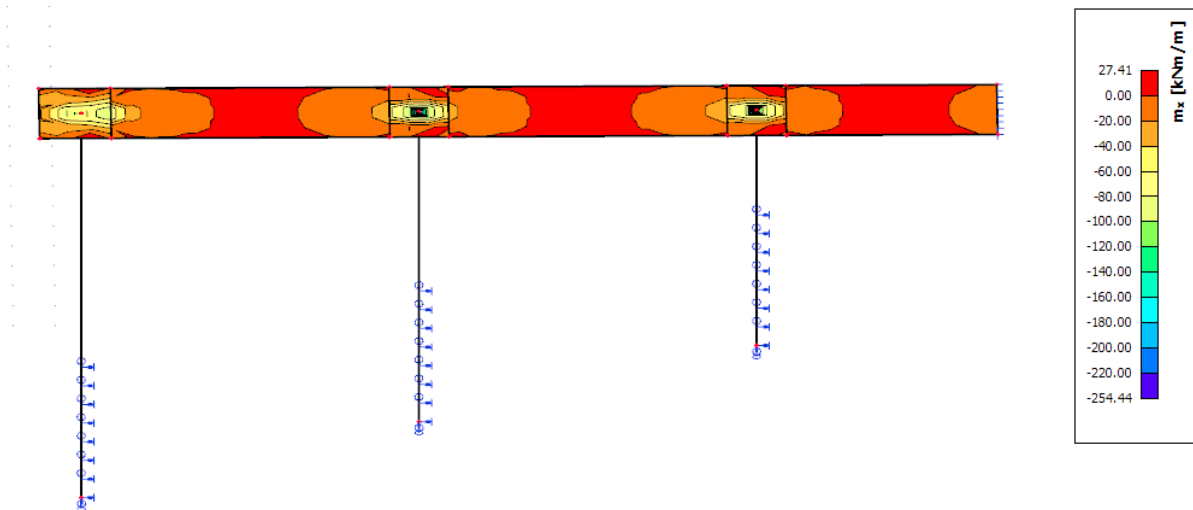
Slika 240. Uzdužne sile  $n_y$  za dio konstrukcije C



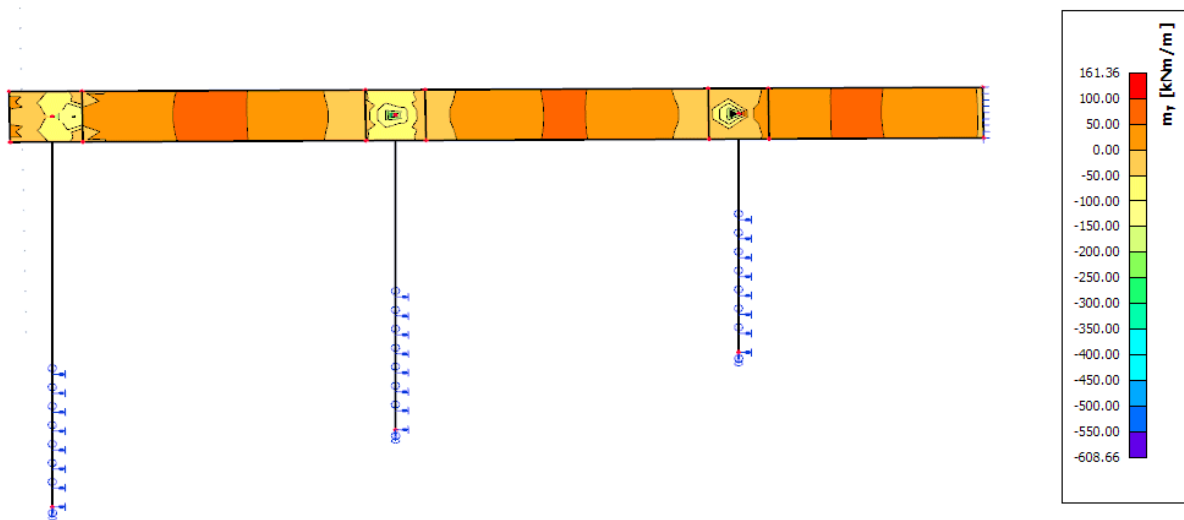
Slika 241. Poprečne sile  $v_x$  za dio konstrukcije C



Slika 242. Poprečne sile  $v_y$  za dio konstrukcije C

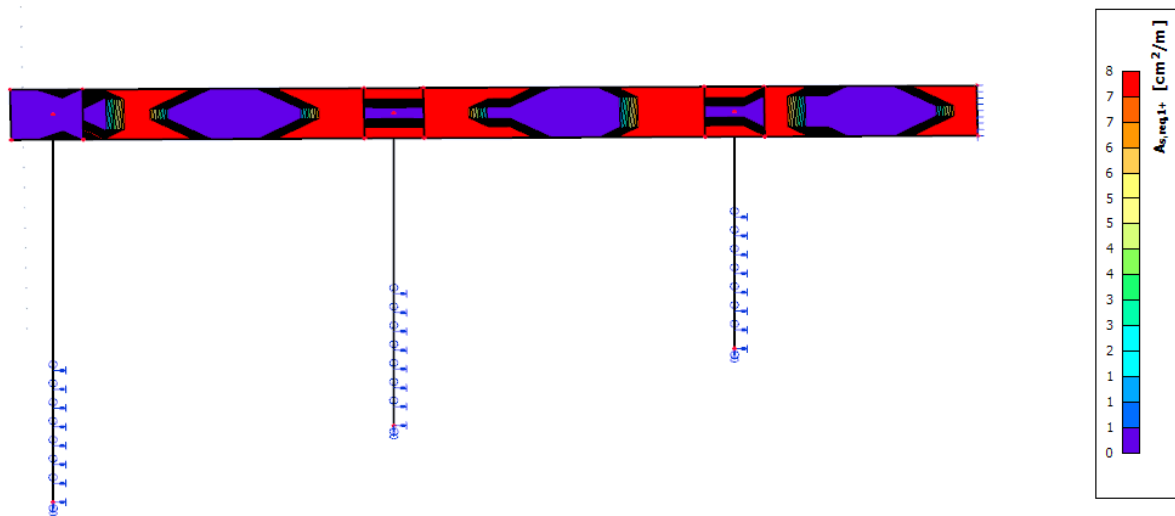


Slika 243. Moment savijanja  $m_x$  za dio konstrukcije C

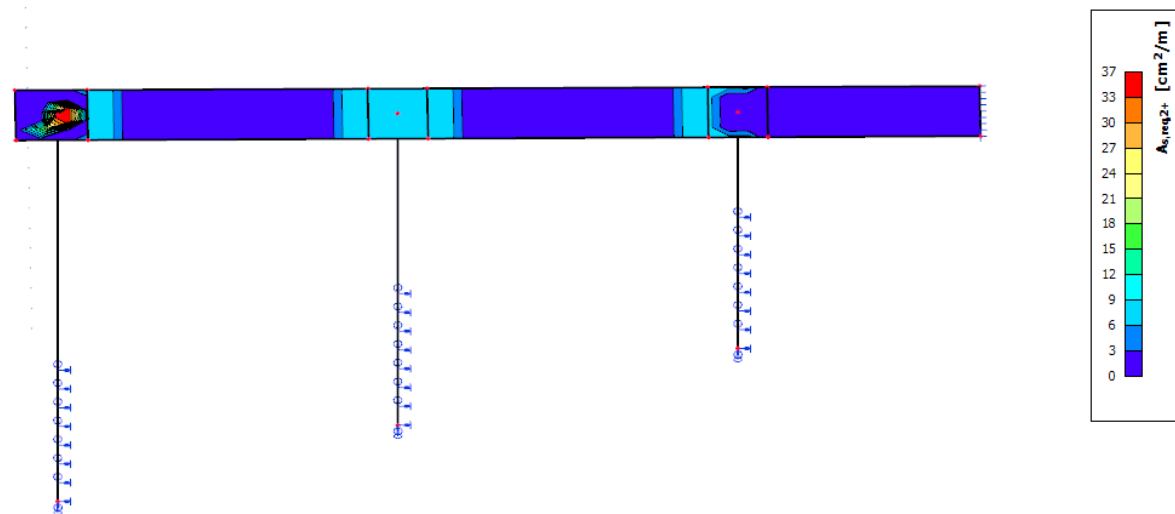


Slika 244. Moment savijanja  $m_y$  za dio konstrukcije C

Najveće inercijalne sile pojavljuju se pri spoju pilota i konstrukcije, te iz toga možemo zaključiti da će to područje zahtijevati najviše armature. Potrebna količina armature prikazana je na Slikama 245. – 248. Na svim se dijelovima konstrukcije čija je armatura manje od minimalne ugrađuje minimalna količina armature.

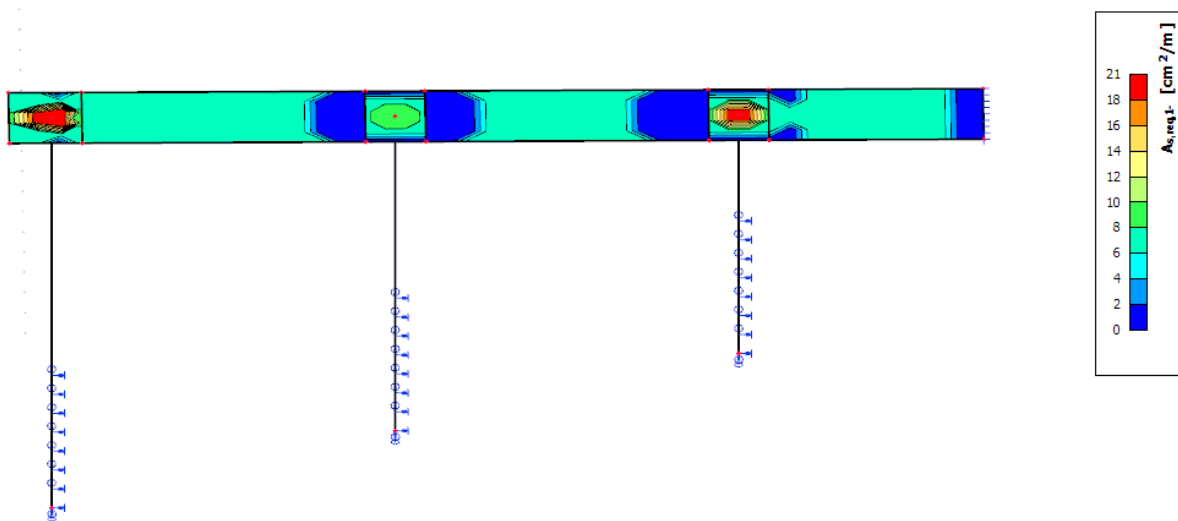


Slika 245. Potrebna uzdužna armatura za gornju zonu dijela konstrukcije C

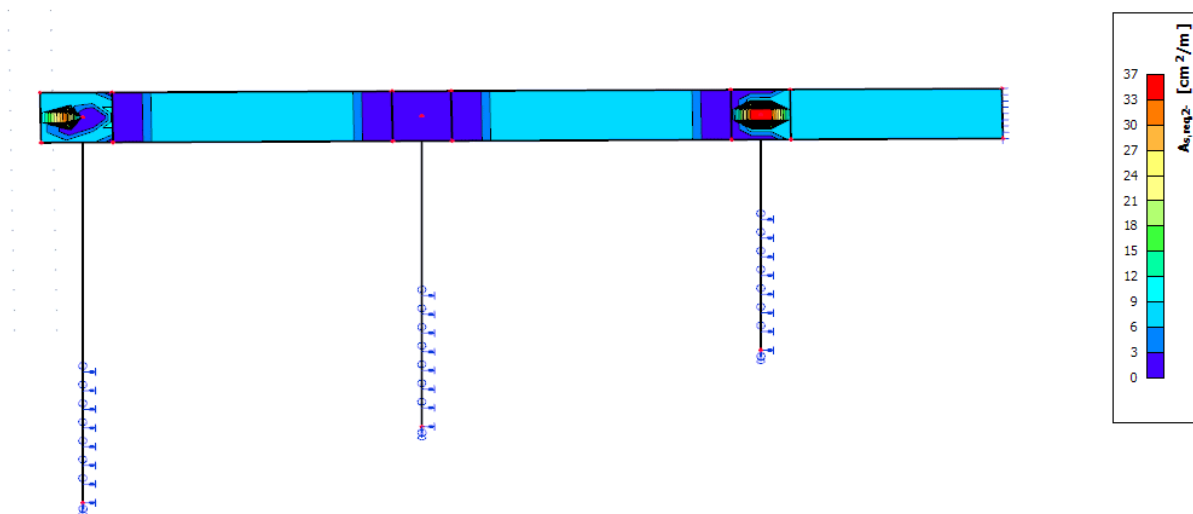


Slika 246. Potrebna poprečna armatura za gornju zonu dijela konstrukcije C





Slika 247. Potrebna uzdužna armatura za donju zonu dijela konstrukcije C



Slika 248. Potrebna poprečna armatura za donju zonu dijela konstrukcije C

Na Prilogu 10. prikazani su pomaci konstrukcije za kombinaciju 34 kod graničnog stanja uporabljivosti. Pomaci na dijelu konstrukcije C su znatno manji u odnosu na one s dijela konstrukcije A i B.

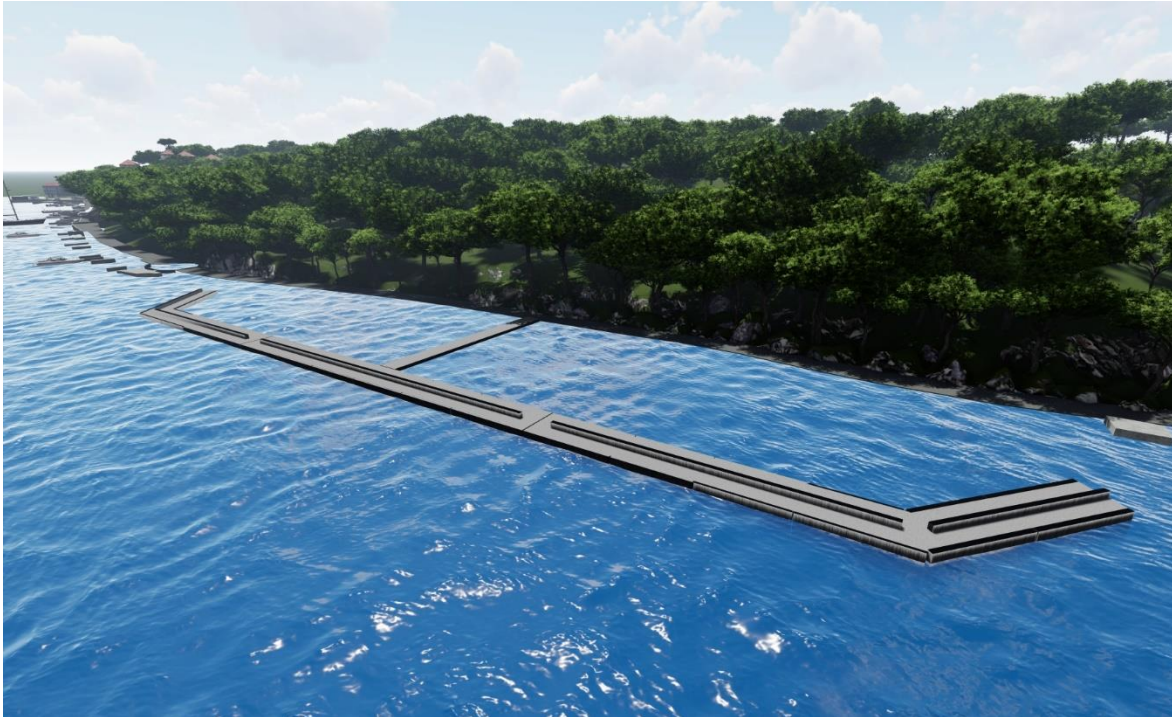
Rezultati modalne analize vidljivi su u Tablici 50. Kako konstrukcijski dio C ima manje elemenata od ostalih dijelova imati će i manje stupnjeva slobode.

Tablica 50. Rezultati dinamičke analize za dio konstrukcije C

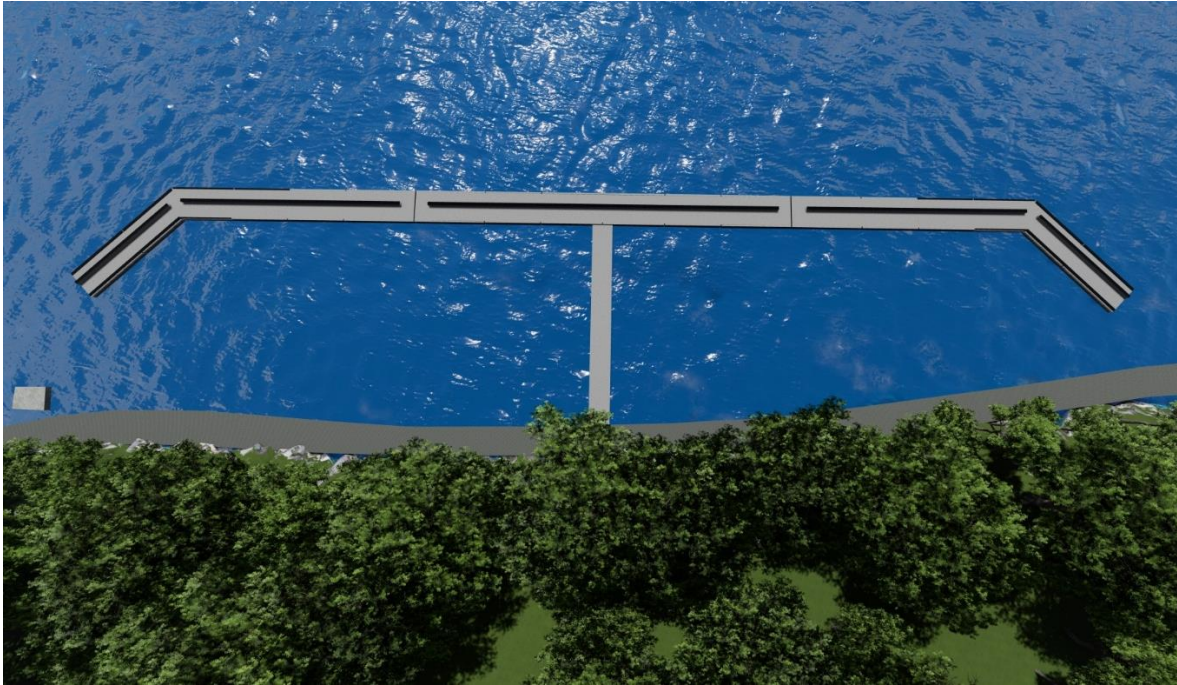
| N                             | f<br>[Hz] | $\omega$<br>[1/s] | $\omega^2$<br>[1/s <sup>2</sup> ] | T<br>[s] |
|-------------------------------|-----------|-------------------|-----------------------------------|----------|
| <b>Mass combination : CM1</b> |           |                   |                                   |          |
| 1                             | 2,59      | 16,26             | 264,53                            | 0,39     |
| 2                             | 6,96      | 43,74             | 1913,12                           | 0,14     |
| 3                             | 7,49      | 47,09             | 2217,56                           | 0,13     |
| 4                             | 8,14      | 51,15             | 2616,33                           | 0,12     |
| 5                             | 9,37      | 58,85             | 3462,93                           | 0,11     |
| 6                             | 9,52      | 59,83             | 3579,74                           | 0,11     |
| 7                             | 16,20     | 101,78            | 10359,32                          | 0,06     |
| 8                             | 21,42     | 134,61            | 18120,63                          | 0,05     |
| 9                             | 21,51     | 135,15            | 18265,06                          | 0,05     |

## 9. VIZUALIZACIJA MODELA

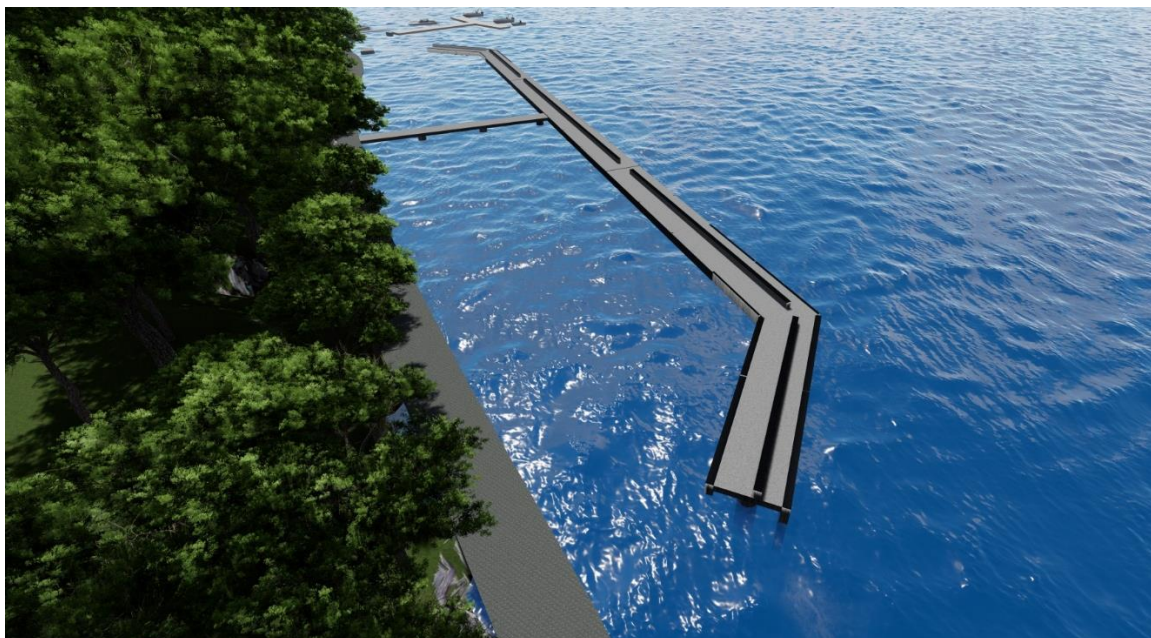
U softveru Lumion napravljena je vizualizacija konstrukcije lukobrana koju možemo vidjeti na Slikama 249.- 256.



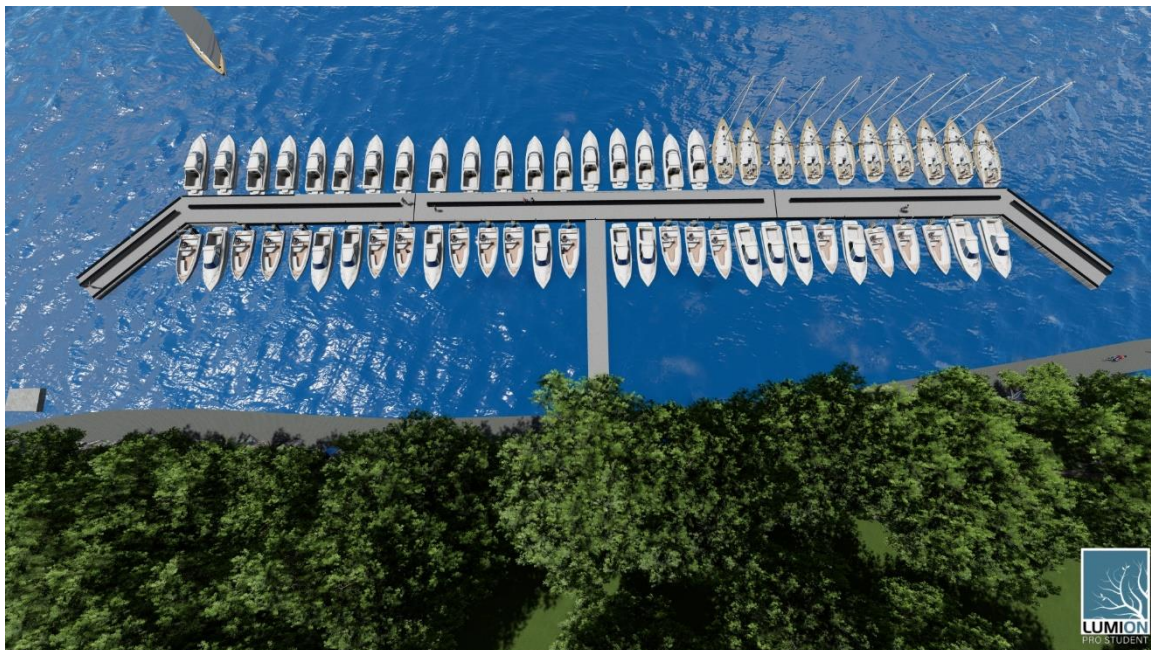
Slika 249. Vizualizacija modela – bočni pogled iz smjera N *(Izrađeno u Lumion-u)*



Slika 250. Vizualizacija modela – pogled odozgo (*Izrađeno u Lumion-u*)



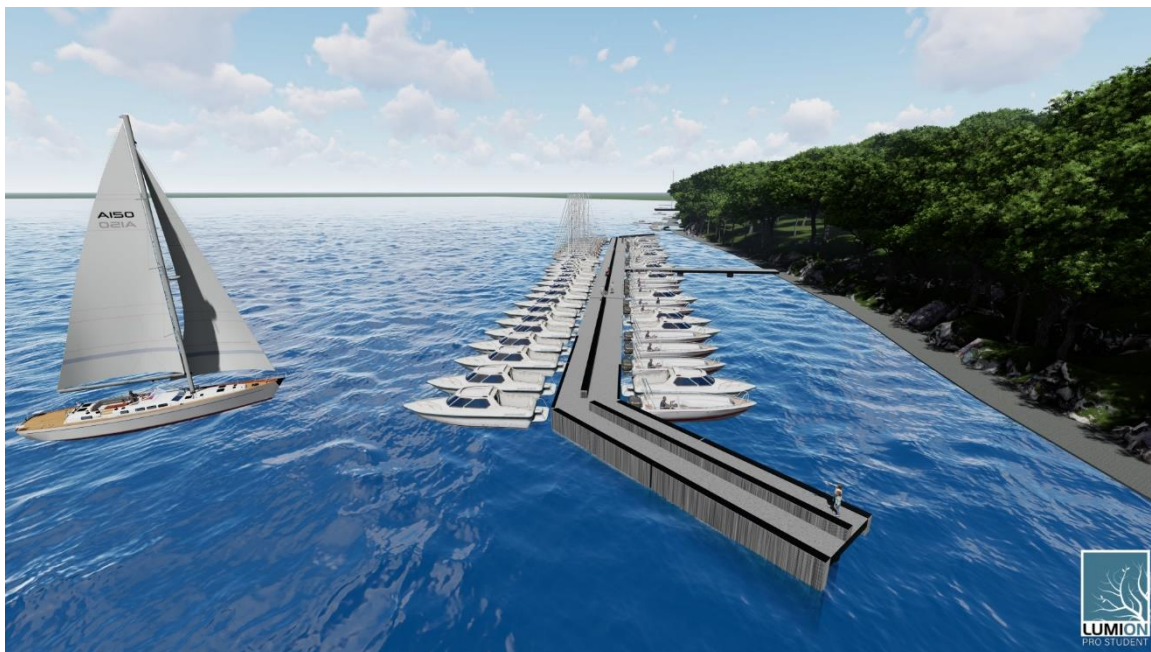
Slika 251. Vizualizacija modela – bočni pogled iz smjera S (*Izrađeno u Lumion-u*)



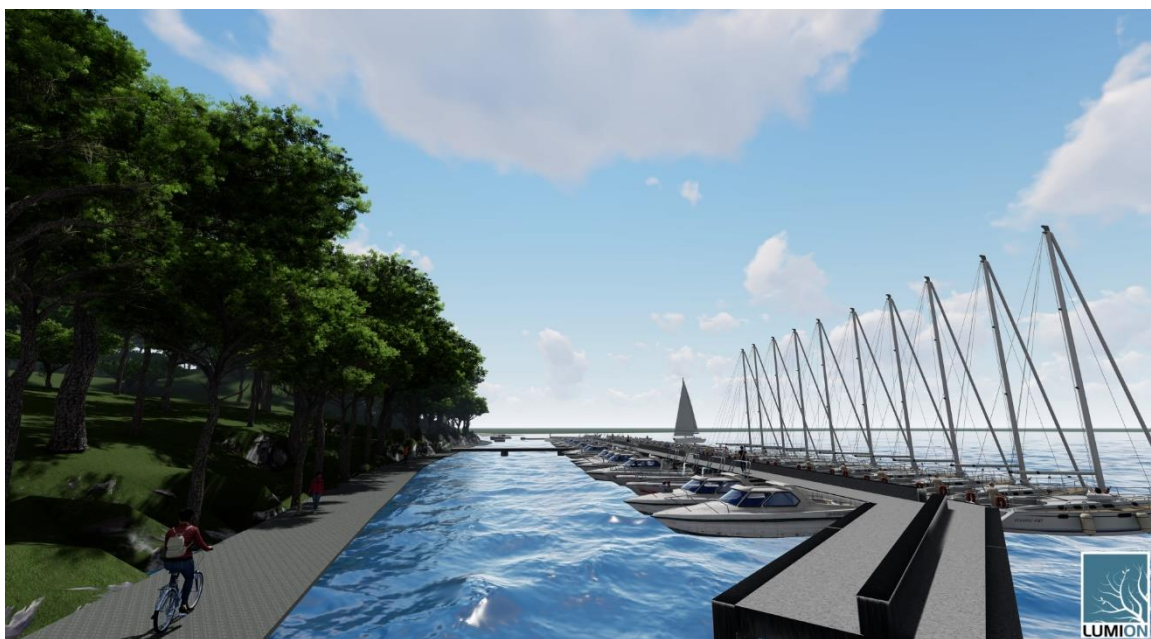
Slika 252. Vizualizacija modela s plovilima – pogled odozgo (Izrađeno u Lumion-u)



Slika 253. Vizualizacija modela s plovilima – pogled odozgo iz smjera NE (Izrađeno u Lumion-u)



Slika 254. Vizualizacija modela s plovilima – bočni pogled iz smjera NW (Izrađeno u Lumion-u)



Slika 255. Vizualizacija modela s plovilima – bočni pogled iz smjera SE (Izrađeno u Lumion-u)

## ZAKLJUČAK

Kod građevina kao što su lukobran na pilotima koji se planira izvesti u uvali Velopin analizirano je postojeće stanje terena. Uvjeti na postojećem stanju terena utjecali su na proračun konstrukcije i konstrukcija je prilagođena okolini. Jedan od najbitnijih uvjeta o kojemu su ovisile dimenzije konstrukcije je dubina morskog dna, posebno zato što se lukobran temelji preko pilota koji se izvode bušenjem. Iako za ovaj rad nisu provedeni istražni radovi, oni će svakako biti neophodni. Pomoću dobivenih točaka terena možemo u BIM softverima konstruirati model terena, koji je od presudne važnosti prilikom određivanja položaja konstrukcije. Također, osim uvjeta morskog dna u radu su analizirani uvjeti utjecaja opterećenja na plovila. Plovila na koja djeluju vjetar i valovi prenose opterećenje na konstrukciju valobrana, no kako su plovila manjih dimenzija, sile koje nastaju njihovim djelovanjem neće biti mjerodavne. Kao mjerodavno promjenjivo opterećenje uzimamo vanjske valove, čiji smo iznos djelovanja dobili nakon provedenog proračuna prema metodi Sainflou gdje kroz konstrukciju valobrana postoji disperzija energije. Također je analizirano djelovanje temperaturnog opterećenja, deformacija od skupljanja betona i seizmičko opterećenje, no ista opterećenja nisu se pokazala kao mjerodavna. Nakon provedenog proračuna konstrukcije možemo dobiti uvid kako se dijelovi konstrukcije ponašaju u različitim fazama. Tako je proračun proveden za sve vrste naglavnih greda i valobranih ekrana koje se pojavljuju u konstrukciji. Kod valobranih ekrana dokazano je da se postavljanjem rebara povećava nosivost same konstrukcije, te je odabran najbolji položaj rebara na valobranom ekranu. Proračunate naglavnice i valobrane ekrane potrebno je spojiti sa pilotima i serklažima kako bismo dobili konstrukciju valobrana. Konstrukciju valobrana promatramo kao četiri segmenta koji su odvojeni trima dilatacijama. Svaki dio konstrukcije valobrana je proračunat za fazu kada je konstrukcija u uporabi, tj. kada su na nju privezana plovila. Dio konstrukcije C nema valobranih ekrana niti privezanih plovila i sukladno time ima najmanje deformacije.

Deformacije kod dijelova konstrukcije A i B veće su upravo zbog toga što valovi djeluju na površinu zida od valobranog ekrana i time uzrokuju moment savijanja. Svakako je bitno zaključiti da je povećanje dužine pilota proporcionalno povećanjima deformacija na konstrukciji. Što je dužina pilota veća to je duljina izvijanja veća. Deformacije je moguće smanjiti bez da mijenjamo dimenzije valobranih okvira i naglavnica tako što bi se skratila dužina pilota ali se sukladno tome treba mijenjati položaj konstrukcije.

U provedenim proračunima i analizama od velikog je značaja uporaba BIM softvera. Njihova prednost je ponajprije to što omogućuju lakše i brže modeliranje. Mogućnost prebacivanja podataka iz jednog softvera u drugi uvelike smanjuje vrijeme koje je potrebno za modeliranje konstrukcije, posebno kada se radi o konstrukciji kao što je promatrani lukobran na pilotima.



## LITERATURA

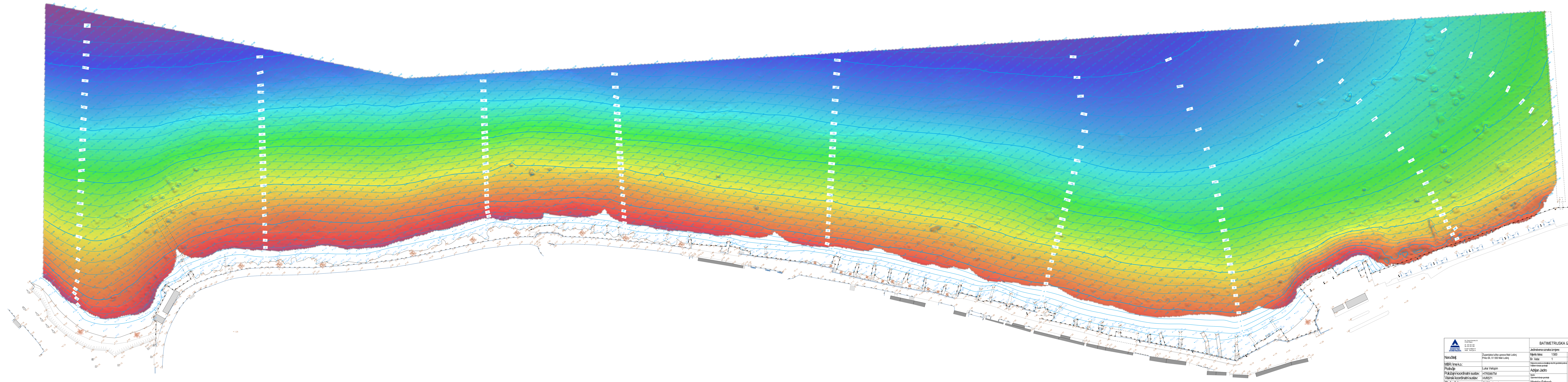
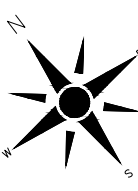
- [1] <https://www.google.com/maps/place/Mali+Lo%C5%A1inj/@44.5489826,14.410588,11590m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x4762f8215fdb4c05:0x1f6a621a7481e74c!8m2!3d44.5315814!4d14.4720423>, pristup 22.4.2022.
- [2] <http://www.luckauprava-losinj.hr/136-luke/188-luka-mali-losinj.html>, pristup 26.4.2022.
- [3] <https://www.navionics.com/fin/>, pristup 10.5.2022.
- [4] Integralna studija osnovnog prostornog rješenja ML zaljeva, t. 3: Dinamika mora Malološinjskog zaljeva, Hydroexpert, Zagreb, 1996.
- [5] <https://www.hgi-cgs.hr/osnovna-inzenjerskogeoloska-karta-republike-hrvatske-1100000-shema-listova/>, pristup 20.5.2022.
- [6] Myers; Holm; McAllister: Handbook of ocean and underwater engineering; North American Rockwell Corporation 1969.
- [7] Uhlmann, A.: Wind Loading on Small Craft for Marine Design; PIANC
- [8] Goda, Y. A new method of wave pressure calculation for the design of composite breakwater. In Proceedings of the 14th Conference on Coastal Engineering, Copenhagen, Denmark, 24–28 June 1974; ASCE: Reston, VA, USA; pp. 1702–1720.
- [9] [Sainflou, M., 1928. \*Treatise on Vertical Breakwaters. Annales des Ponts et Chaussees, Paris, 45–75.\*](#), pristup 27.6.2022.
- [10] Eggert, W.D: Diffraktion und Wellentransmission An Tauchwänden endlicher Länge - ein Beitrag zur Bestimmung der Wellendämpfung teildurchlassiger Wellenbrecher, Mitteilungen des Franzius-Institutes für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Universität Hanover, Heft 56, Hanover 1983.
- [11] HRN EN 1991-1-5:2012

[12] HRN ENV 1992-1-1

[13] HRN EN 1998-1:2011

## PRILOZI

1. Batimetrijska izmjera luke Velopin
2. Kombinacije opterećenja za granično stanje nosivosti za dio konstrukcije A
3. Kombinacije opterećenja za granično stanje uporabljivosti za dio konstrukcije A
4. Deformacija dijela konstrukcije A
5. Kombinacije opterećenja za granično stanje nosivosti za dio konstrukcije B
6. Kombinacije opterećenja za granično stanje uporabljivosti za dio konstrukcije B
7. Deformacija dijela konstrukcije B
8. Kombinacije opterećenja za granično stanje nosivosti za dio konstrukcije C
9. Kombinacije opterećenja za granično stanje uporabljivosti za dio konstrukcije C
10. Deformacija dijela konstrukcije C



|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  | <b>BATIMETRUSKA IZMJERA LUKE VELOPIN</b> |  |
| Naručilac: Zupanijska lučka uprava Mali Lošinj |  | Jedinična oznaka izmjere:                |  |
| Područje: Luka Velopin                         |  | Mjerna liska: 1:1500                     |  |
| Položajni koordinatni sustav: HTRS96TM         |  | Dr. liska: 1                             |  |
| Višinski koordinatni sustav: HVRST1            |  | Datum izmjere: 13.07.2022.               |  |
| Obalna linija: GNSS mjerenje                   |  | Mjerna linija: Adrijan Jadro             |  |
|  |  | Mjerna linija: Marinke Šalopek           |  |

PRILOG 2. *Kombinacije opterećenja za granično stanje nosivosti za dio konstrukcije A*

|         |  |
|---------|--|
| COMB 1  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC3$                   |
| COMB 2  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC4$                   |
| COMB 3  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC5$                   |
| COMB 4  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC6$                   |
| COMB 5  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC7$                   |
| COMB 6  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC8$                   |
| COMB 7  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC9$                   |
| COMB 8  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC10$                  |
| COMB 9  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC11$                  |
| COMB 10 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC12$                  |
| COMB 11 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC13$                  |
| COMB 12 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC14$                  |
| COMB 13 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC15$                  |
| COMB 14 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC3 + 0,9 \times LC10$ |
| COMB 15 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC3 + 0,9 \times LC11$ |
| COMB 16 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC3 + 0,9 \times LC12$ |
| COMB 17 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC3 + 0,9 \times LC13$ |
| COMB 18 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC3 + 0,9 \times LC14$ |
| COMB 19 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC3 + 0,9 \times LC15$ |
| COMB 20 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC4 + 0,9 \times LC10$ |
| COMB 21 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC4 + 0,9 \times LC11$ |
| COMB 22 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC4 + 0,9 \times LC12$ |
| COMB 23 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC4 + 0,9 \times LC13$ |
| COMB 24 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC4 + 0,9 \times LC14$ |
| COMB 25 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC4 + 0,9 \times LC15$ |
| COMB 26 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC5 + 0,9 \times LC10$ |
| COMB 27 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC5 + 0,9 \times LC11$ |
| COMB 28 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC5 + 0,9 \times LC12$ |
| COMB 29 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC5 + 0,9 \times LC13$ |

|         |   |
|---------|---|
| COMB 30 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC5 + 0,9 \times LC14$  |
| COMB 31 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC5 + 0,9 \times LC15$  |
| COMB 32 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC6 + 0,9 \times LC10$  |
| COMB 33 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC6 + 0,9 \times LC11$  |
| COMB 34 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC6 + 0,9 \times LC12$  |
| COMB 35 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC6 + 0,9 \times LC13$  |
| COMB 36 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC6 + 0,9 \times LC14$  |
| COMB 37 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC6 + 0,9 \times LC15$  |
| COMB 38 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC7 + 0,9 \times LC10$  |
| COMB 39 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC7 + 0,9 \times LC11$  |
| COMB 40 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC7 + 0,9 \times LC12$  |
| COMB 41 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC7 + 0,9 \times LC13$  |
| COMB 42 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC7 + 0,9 \times LC14$  |
| COMB 43 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC7 + 0,9 \times LC15$  |
| COMB 44 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC8 + 0,9 \times LC10$  |
| COMB 45 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC8 + 0,9 \times LC11$  |
| COMB 46 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC8 + 0,9 \times LC12$  |
| COMB 47 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC8 + 0,9 \times LC13$  |
| COMB 48 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC8 + 0,9 \times LC14$  |
| COMB 49 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC8 + 0,9 \times LC15$  |
| COMB 50 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC9 + 0,9 \times LC10$  |
| COMB 51 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC9 + 0,9 \times LC11$  |
| COMB 52 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC9 + 0,9 \times LC12$  |
| COMB 53 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC9 + 0,9 \times LC13$  |
| COMB 54 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC9 + 0,9 \times LC14$  |
| COMB 55 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC9 + 0,9 \times LC15$  |
| COMB 56 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC3 + 1,5 \times LC10$ |
| COMB 57 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC3 + 1,5 \times LC11$ |
| COMB 58 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC3 + 1,5 \times LC12$ |
| COMB 59 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC3 + 1,5 \times LC13$ |
| COMB 60 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC3 + 1,5 \times LC14$ |

|         |   |
|---------|---|
| COMB 61 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC3 + 1,5 \times LC15$ |
| COMB 62 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC4 + 1,5 \times LC10$ |
| COMB 63 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC4 + 1,5 \times LC11$ |
| COMB 64 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC4 + 1,5 \times LC12$ |
| COMB 65 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC4 + 1,5 \times LC13$ |
| COMB 66 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC4 + 1,5 \times LC14$ |
| COMB 67 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC4 + 1,5 \times LC15$ |
| COMB 68 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC5 + 1,5 \times LC10$ |
| COMB 69 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC5 + 1,5 \times LC11$ |
| COMB 70 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC5 + 1,5 \times LC12$ |
| COMB 71 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC5 + 1,5 \times LC13$ |
| COMB 72 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC5 + 1,5 \times LC14$ |
| COMB 73 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC5 + 1,5 \times LC15$ |
| COMB 74 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC6 + 1,5 \times LC10$ |
| COMB 75 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC6 + 1,5 \times LC11$ |
| COMB 76 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC6 + 1,5 \times LC12$ |
| COMB 77 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC6 + 1,5 \times LC13$ |
| COMB 78 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC6 + 1,5 \times LC14$ |
| COMB 79 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC6 + 1,5 \times LC15$ |
| COMB 80 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC7 + 1,5 \times LC10$ |
| COMB 81 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC7 + 1,5 \times LC11$ |
| COMB 82 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC7 + 1,5 \times LC12$ |
| COMB 83 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC7 + 1,5 \times LC13$ |
| COMB 84 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC7 + 1,5 \times LC14$ |
| COMB 85 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC7 + 1,5 \times LC15$ |
| COMB 86 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC8 + 1,5 \times LC10$ |
| COMB 87 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC8 + 1,5 \times LC11$ |
| COMB 88 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC8 + 1,5 \times LC12$ |
| COMB 89 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC8 + 1,5 \times LC13$ |
| COMB 90 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC8 + 1,5 \times LC14$ |
| COMB 91 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC8 + 1,5 \times LC15$ |

|         |   |
|---------|---|
| COMB 92 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC9 + 1,5 \times LC10$ |
| COMB 93 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC9 + 1,5 \times LC11$ |
| COMB 94 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC9 + 1,5 \times LC12$ |
| COMB 95 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC9 + 1,5 \times LC13$ |
| COMB 96 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC9 + 1,5 \times LC14$ |
| COMB 97 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC9 + 1,5 \times LC15$ |



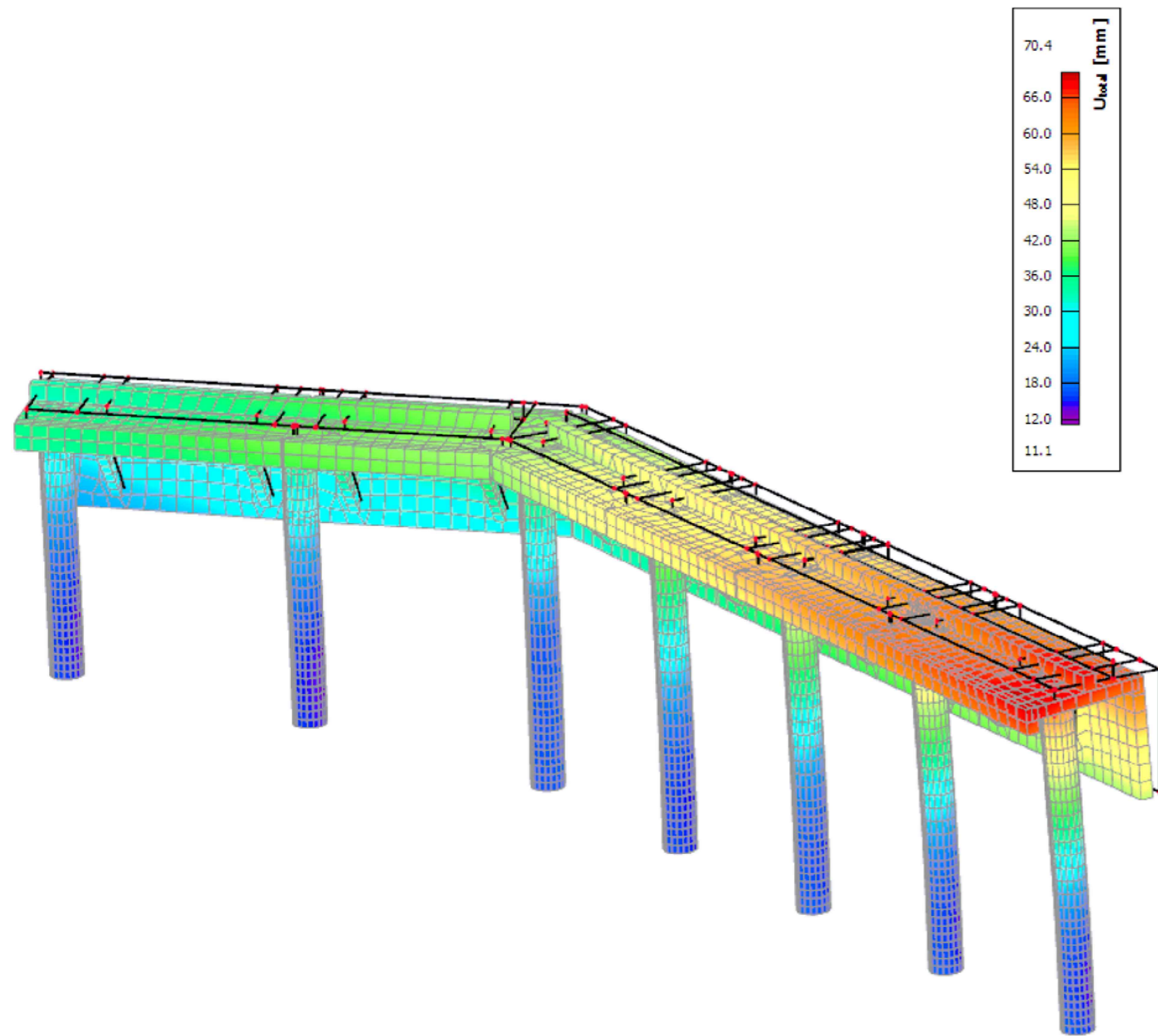
PRILOG 3. *Kombinacije opterećenja za granično stanje uporabljivosti za dio konstrukcije A*

|          |  |
|----------|--|
| COMB 98  | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC3$                    |
| COMB 99  | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC4$                    |
| COMB 100 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC5$                    |
| COMB 101 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC6$                    |
| COMB 102 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC7$                    |
| COMB 103 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC8$                    |
| COMB 104 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC9$                    |
| COMB 105 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC10$                   |
| COMB 106 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC11$                   |
| COMB 107 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC12$                   |
| COMB 108 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC13$                   |
| COMB 109 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC14$                   |
| COMB 110 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC15$                   |
| COMB 111 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC3 + 0,60 \times LC10$ |
| COMB 112 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC3 + 0,60 \times LC11$ |
| COMB 113 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC3 + 0,60 \times LC12$ |
| COMB 114 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC3 + 0,60 \times LC13$ |
| COMB 115 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC3 + 0,60 \times LC14$ |
| COMB 116 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC3 + 0,60 \times LC15$ |
| COMB 117 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC4 + 0,60 \times LC10$ |
| COMB 118 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC4 + 0,60 \times LC11$ |
| COMB 119 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC4 + 0,60 \times LC12$ |
| COMB 120 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC4 + 0,60 \times LC13$ |
| COMB 121 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC4 + 0,60 \times LC14$ |
| COMB 122 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC4 + 0,60 \times LC15$ |
| COMB 123 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC5 + 0,60 \times LC10$ |
| COMB 124 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC5 + 0,60 \times LC11$ |

|          |  |
|----------|--|
| COMB 125 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC5 + 0,60 \times LC12$ |
| COMB 126 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC5 + 0,60 \times LC13$ |
| COMB 127 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC5 + 0,60 \times LC14$ |
| COMB 128 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC5 + 0,60 \times LC15$ |
| COMB 129 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC6 + 0,60 \times LC10$ |
| COMB 130 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC6 + 0,60 \times LC11$ |
| COMB 131 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC6 + 0,60 \times LC12$ |
| COMB 132 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC6 + 0,60 \times LC13$ |
| COMB 133 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC6 + 0,60 \times LC14$ |
| COMB 134 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC6 + 0,60 \times LC15$ |
| COMB 135 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC7 + 0,60 \times LC10$ |
| COMB 136 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC7 + 0,60 \times LC11$ |
| COMB 137 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC7 + 0,60 \times LC12$ |
| COMB 138 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC7 + 0,60 \times LC13$ |
| COMB 139 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC7 + 0,60 \times LC14$ |
| COMB 140 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC7 + 0,60 \times LC15$ |
| COMB 141 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC8 + 0,60 \times LC10$ |
| COMB 142 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC8 + 0,60 \times LC11$ |
| COMB 143 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC8 + 0,60 \times LC12$ |
| COMB 144 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC8 + 0,60 \times LC13$ |
| COMB 145 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC8 + 0,60 \times LC14$ |
| COMB 146 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC8 + 0,60 \times LC15$ |
| COMB 147 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC9 + 0,60 \times LC10$ |
| COMB 148 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC9 + 0,60 \times LC11$ |
| COMB 149 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC9 + 0,60 \times LC12$ |
| COMB 150 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC9 + 0,60 \times LC13$ |
| COMB 151 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC9 + 0,60 \times LC14$ |
| COMB 152 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC9 + 0,60 \times LC15$ |
| COMB 153 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC10 + 0,70 \times LC3$ |

|          |  |
|----------|--|
| COMB 154 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC10 + 0,70 \times LC4$ |
| COMB 155 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC10 + 0,70 \times LC5$ |
| COMB 156 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC10 + 0,70 \times LC6$ |
| COMB 157 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC10 + 0,70 \times LC7$ |
| COMB 158 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC10 + 0,70 \times LC8$ |
| COMB 159 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC10 + 0,70 \times LC9$ |
| COMB 160 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC11 + 0,70 \times LC3$ |
| COMB 161 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC11 + 0,70 \times LC4$ |
| COMB 162 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC11 + 0,70 \times LC5$ |
| COMB 163 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC11 + 0,70 \times LC6$ |
| COMB 164 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC11 + 0,70 \times LC7$ |
| COMB 165 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC11 + 0,70 \times LC8$ |
| COMB 166 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC11 + 0,70 \times LC9$ |
| COMB 167 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC12 + 0,70 \times LC3$ |
| COMB 168 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC12 + 0,70 \times LC4$ |
| COMB 169 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC12 + 0,70 \times LC5$ |
| COMB 170 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC12 + 0,70 \times LC6$ |
| COMB 171 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC12 + 0,70 \times LC7$ |
| COMB 172 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC12 + 0,70 \times LC8$ |
| COMB 173 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC12 + 0,70 \times LC9$ |
| COMB 174 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC13 + 0,70 \times LC3$ |
| COMB 175 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC13 + 0,70 \times LC4$ |
| COMB 176 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC13 + 0,70 \times LC5$ |
| COMB 177 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC13 + 0,70 \times LC6$ |
| COMB 178 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC13 + 0,70 \times LC7$ |
| COMB 179 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC13 + 0,70 \times LC8$ |
| COMB 180 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC13 + 0,70 \times LC9$ |
| COMB 181 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC14 + 0,70 \times LC3$ |
| COMB 182 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC14 + 0,70 \times LC4$ |

|          |  |
|----------|--|
| COMB 183 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC14 + 0,70 \times LC5$ |
| COMB 184 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC14 + 0,70 \times LC6$ |
| COMB 185 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC14 + 0,70 \times LC7$ |
| COMB 186 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC14 + 0,70 \times LC8$ |
| COMB 187 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC14 + 0,70 \times LC9$ |
| COMB 188 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC15 + 0,70 \times LC3$ |
| COMB 189 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC15 + 0,70 \times LC4$ |
| COMB 190 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC15 + 0,70 \times LC5$ |
| COMB 191 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC15 + 0,70 \times LC6$ |
| COMB 192 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC15 + 0,70 \times LC7$ |
| COMB 193 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC15 + 0,70 \times LC8$ |
| COMB 194 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC15 + 0,70 \times LC9$ |



PRILOG 4.

DEFORMACIJE DIJELA KONSTRUKCIJE A

PRILOG 5. *Kombinacije opterećenja za granično stanje nosivosti za dio konstrukcije B*

|         |  |
|---------|--|
| COMB 1  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC3$                   |
| COMB 2  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC4$                   |
| COMB 3  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC5$                   |
| COMB 4  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC6$                   |
| COMB 5  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC7$                   |
| COMB 6  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC8$                   |
| COMB 7  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC9$                   |
| COMB 8  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC10$                  |
| COMB 9  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC11$                  |
| COMB 10 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC12$                  |
| COMB 11 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC13$                  |
| COMB 12 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC14$                  |
| COMB 13 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC15$                  |
| COMB 14 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC16$                  |
| COMB 15 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC3 + 0,9 \times LC11$ |
| COMB 16 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC3 + 0,9 \times LC12$ |
| COMB 17 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC3 + 0,9 \times LC13$ |
| COMB 18 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC3 + 0,9 \times LC14$ |
| COMB 19 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC3 + 0,9 \times LC15$ |
| COMB 20 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC3 + 0,9 \times LC16$ |
| COMB 21 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC4 + 0,9 \times LC11$ |
| COMB 22 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC4 + 0,9 \times LC12$ |
| COMB 23 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC4 + 0,9 \times LC13$ |
| COMB 24 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC4 + 0,9 \times LC14$ |
| COMB 25 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC4 + 0,9 \times LC15$ |

|         |  |
|---------|--|
| COMB 26 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC4 + 0,9 \times LC16$ |
| COMB 27 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC5 + 0,9 \times LC11$ |
| COMB 28 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC5 + 0,9 \times LC12$ |
| COMB 29 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC5 + 0,9 \times LC13$ |
| COMB 30 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC5 + 0,9 \times LC14$ |
| COMB 31 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC5 + 0,9 \times LC15$ |
| COMB 32 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC5 + 0,9 \times LC16$ |
| COMB 33 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC6 + 0,9 \times LC11$ |
| COMB 34 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC6 + 0,9 \times LC12$ |
| COMB 35 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC6 + 0,9 \times LC13$ |
| COMB 36 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC6 + 0,9 \times LC14$ |
| COMB 37 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC6 + 0,9 \times LC15$ |
| COMB 38 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC6 + 0,9 \times LC16$ |
| COMB 39 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC7 + 0,9 \times LC11$ |
| COMB 40 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC7 + 0,9 \times LC12$ |
| COMB 41 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC7 + 0,9 \times LC13$ |
| COMB 42 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC7 + 0,9 \times LC14$ |
| COMB 43 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC7 + 0,9 \times LC15$ |
| COMB 44 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC7 + 0,9 \times LC16$ |
| COMB 45 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC8 + 0,9 \times LC11$ |
| COMB 46 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC8 + 0,9 \times LC12$ |
| COMB 47 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC8 + 0,9 \times LC13$ |
| COMB 48 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC8 + 0,9 \times LC14$ |
| COMB 49 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC8 + 0,9 \times LC15$ |
| COMB 50 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC8 + 0,9 \times LC16$ |
| COMB 51 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC9 + 0,9 \times LC11$ |
| COMB 52 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC9 + 0,9 \times LC12$ |

|         |   |
|---------|---|
| COMB 53 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC9 + 0,9 \times LC13$  |
| COMB 54 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC9 + 0,9 \times LC14$  |
| COMB 55 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC9 + 0,9 \times LC15$  |
| COMB 56 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC9 + 0,9 \times LC16$  |
| COMB 57 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC10 + 0,9 \times LC11$ |
| COMB 58 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC10 + 0,9 \times LC12$ |
| COMB 59 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC10 + 0,9 \times LC13$ |
| COMB 60 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC10 + 0,9 \times LC14$ |
| COMB 61 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC10 + 0,9 \times LC15$ |
| COMB 62 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,5 \times LC10 + 0,9 \times LC16$ |
| COMB 63 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC3 + 1,5 \times LC11$ |
| COMB 64 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC3 + 1,5 \times LC12$ |
| COMB 65 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC3 + 1,5 \times LC13$ |
| COMB 66 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC3 + 1,5 \times LC14$ |
| COMB 67 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC3 + 1,5 \times LC15$ |
| COMB 68 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC3 + 1,5 \times LC16$ |
| COMB 69 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC4 + 1,5 \times LC11$ |
| COMB 70 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC4 + 1,5 \times LC12$ |
| COMB 71 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC4 + 1,5 \times LC13$ |
| COMB 72 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC4 + 1,5 \times LC14$ |
| COMB 73 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC4 + 1,5 \times LC15$ |
| COMB 74 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC4 + 1,5 \times LC16$ |
| COMB 75 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC5 + 1,5 \times LC11$ |
| COMB 76 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC5 + 1,5 \times LC12$ |
| COMB 77 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC5 + 1,5 \times LC13$ |
| COMB 78 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC5 + 1,5 \times LC14$ |
| COMB 79 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC5 + 1,5 \times LC15$ |



|          |  |
|----------|--|
| COMB 80  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC5 + 1,5 \times LC16$  |
| COMB 81  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC6 + 1,5 \times LC11$  |
| COMB 82  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC6 + 1,5 \times LC12$  |
| COMB 83  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC6 + 1,5 \times LC13$  |
| COMB 84  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC6 + 1,5 \times LC14$  |
| COMB 85  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC6 + 1,5 \times LC15$  |
| COMB 86  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC6 + 1,5 \times LC16$  |
| COMB 87  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC7 + 1,5 \times LC11$  |
| COMB 88  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC7 + 1,5 \times LC12$  |
| COMB 89  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC7 + 1,5 \times LC13$  |
| COMB 90  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC7 + 1,5 \times LC14$  |
| COMB 91  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC7 + 1,5 \times LC15$  |
| COMB 92  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC7 + 1,5 \times LC16$  |
| COMB 93  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC8 + 1,5 \times LC11$  |
| COMB 94  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC8 + 1,5 \times LC12$  |
| COMB 95  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC8 + 1,5 \times LC13$  |
| COMB 96  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC8 + 1,5 \times LC14$  |
| COMB 97  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC8 + 1,5 \times LC15$  |
| COMB 98  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC8 + 1,5 \times LC16$  |
| COMB 99  | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC9 + 1,5 \times LC11$  |
| COMB 100 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC9 + 1,5 \times LC12$  |
| COMB 101 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC9 + 1,5 \times LC13$  |
| COMB 102 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC9 + 1,5 \times LC14$  |
| COMB 103 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC9 + 1,5 \times LC15$  |
| COMB 104 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC9 + 1,5 \times LC16$  |
| COMB 105 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC10 + 1,5 \times LC11$ |
| COMB 106 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC10 + 1,5 \times LC12$ |

|          |  |
|----------|--|
| COMB 107 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC10 + 1,5 \times LC13$ |
| COMB 108 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC10 + 1,5 \times LC14$ |
| COMB 109 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC10 + 1,5 \times LC15$ |
| COMB 110 | $1,35 \times (LC1+LC2) + 1,05 \times LC10 + 1,5 \times LC16$ |

PRILOG 6. *Kombinacije opterećenja za granično stanje uporabljivosti za dio konstrukcije B*

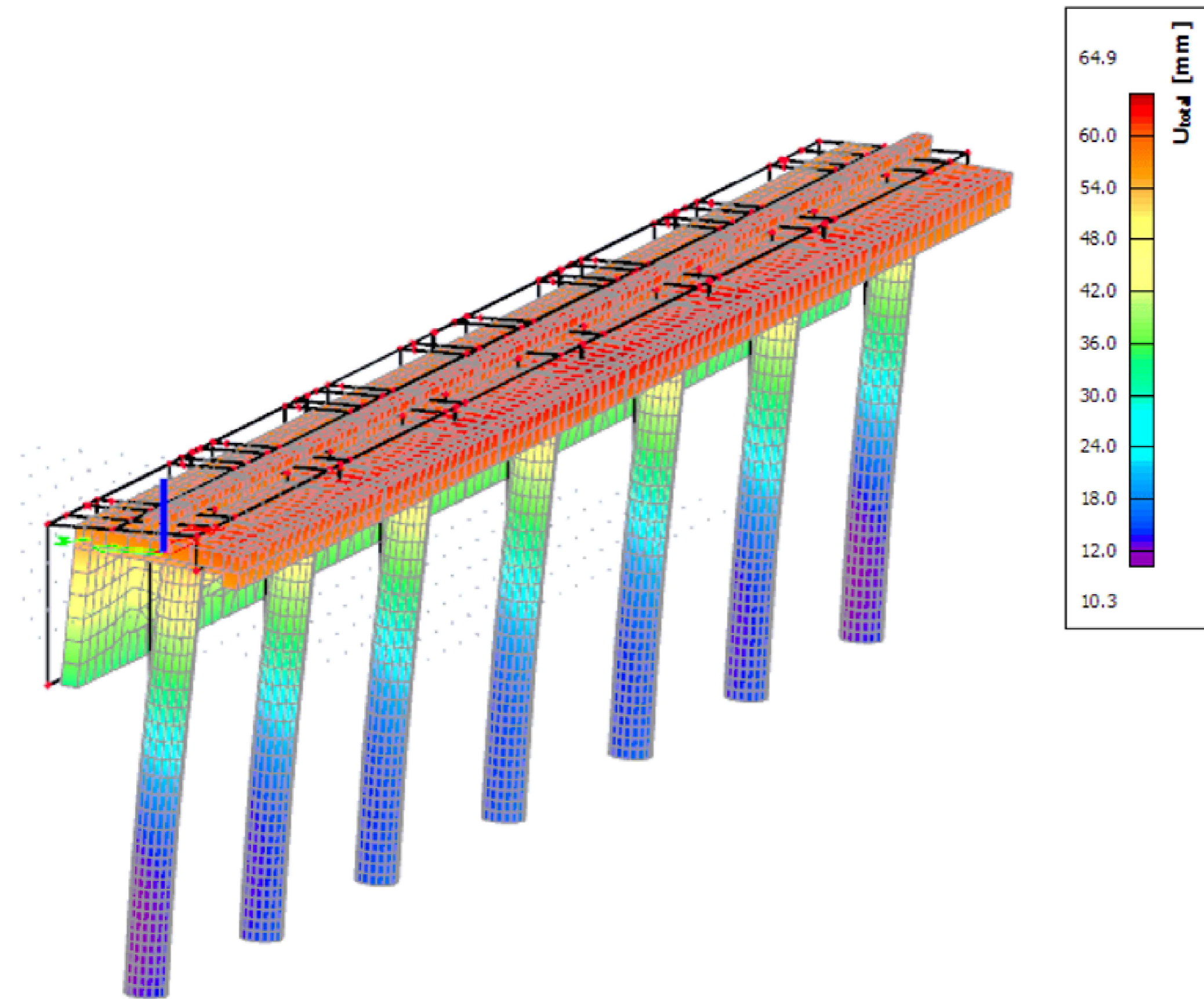
|          |  |
|----------|--|
| COMB 110 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC3$                    |
| COMB 111 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC4$                    |
| COMB 112 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC5$                    |
| COMB 113 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC6$                    |
| COMB 114 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC7$                    |
| COMB 115 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC8$                    |
| COMB 116 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC9$                    |
| COMB 117 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC10$                   |
| COMB 118 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC11$                   |
| COMB 119 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC12$                   |
| COMB 120 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC13$                   |
| COMB 121 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC14$                   |
| COMB 122 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC15$                   |
| COMB 123 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC16$                   |
| COMB 124 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC3 + 0,60 \times LC11$ |
| COMB 125 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC3 + 0,60 \times LC12$ |
| COMB 126 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC3 + 0,60 \times LC13$ |
| COMB 127 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC3 + 0,60 \times LC14$ |
| COMB 128 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC3 + 0,60 \times LC15$ |
| COMB 129 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC3 + 0,60 \times LC16$ |
| COMB 130 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC4 + 0,60 \times LC11$ |
| COMB 131 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC4 + 0,60 \times LC12$ |
| COMB 132 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC4 + 0,60 \times LC13$ |
| COMB 133 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC4 + 0,60 \times LC14$ |
| COMB 134 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC4 + 0,60 \times LC15$ |

|          |  |
|----------|--|
| COMB 135 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC4 + 0,60 \times LC16$ |
| COMB 136 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC5 + 0,60 \times LC11$ |
| COMB 137 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC5 + 0,60 \times LC12$ |
| COMB 138 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC5 + 0,60 \times LC13$ |
| COMB 139 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC5 + 0,60 \times LC14$ |
| COMB 140 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC5 + 0,60 \times LC15$ |
| COMB 141 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC5 + 0,60 \times LC16$ |
| COMB 142 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC6 + 0,60 \times LC11$ |
| COMB 143 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC6 + 0,60 \times LC12$ |
| COMB 144 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC6 + 0,60 \times LC13$ |
| COMB 145 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC6 + 0,60 \times LC14$ |
| COMB 146 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC6 + 0,60 \times LC15$ |
| COMB 147 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC6 + 0,60 \times LC16$ |
| COMB 148 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC7 + 0,60 \times LC11$ |
| COMB 149 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC7 + 0,60 \times LC12$ |
| COMB 150 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC7 + 0,60 \times LC13$ |
| COMB 151 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC7 + 0,60 \times LC14$ |
| COMB 152 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC7 + 0,60 \times LC15$ |
| COMB 153 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC7 + 0,60 \times LC16$ |
| COMB 154 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC8 + 0,60 \times LC11$ |
| COMB 155 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC8 + 0,60 \times LC12$ |
| COMB 156 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC8 + 0,60 \times LC13$ |
| COMB 157 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC8 + 0,60 \times LC14$ |
| COMB 158 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC8 + 0,60 \times LC15$ |
| COMB 159 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC8 + 0,60 \times LC16$ |
| COMB 160 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC9 + 0,60 \times LC11$ |
| COMB 161 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC9 + 0,60 \times LC12$ |

|          |   |
|----------|---|
| COMB 162 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC9 + 0,60 \times LC13$  |
| COMB 163 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC9 + 0,60 \times LC14$  |
| COMB 164 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC9 + 0,60 \times LC15$  |
| COMB 165 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC9 + 0,60 \times LC16$  |
| COMB 166 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC10 + 0,60 \times LC11$ |
| COMB 167 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC10 + 0,60 \times LC12$ |
| COMB 168 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC10 + 0,60 \times LC13$ |
| COMB 169 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC10 + 0,60 \times LC14$ |
| COMB 170 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC10 + 0,60 \times LC15$ |
| COMB 171 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC10 + 0,60 \times LC16$ |
| COMB 172 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC11 + 0,70 \times LC3$  |
| COMB 173 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC11 + 0,70 \times LC4$  |
| COMB 174 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC11 + 0,70 \times LC5$  |
| COMB 175 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC11 + 0,70 \times LC6$  |
| COMB 176 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC11 + 0,70 \times LC7$  |
| COMB 177 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC11 + 0,70 \times LC8$  |
| COMB 178 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC11 + 0,70 \times LC9$  |
| COMB 179 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC11 + 0,70 \times LC10$ |
| COMB 180 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC12 + 0,70 \times LC3$  |
| COMB 181 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC12 + 0,70 \times LC4$  |
| COMB 182 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC12 + 0,70 \times LC5$  |
| COMB 183 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC12 + 0,70 \times LC6$  |
| COMB 184 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC12 + 0,70 \times LC7$  |
| COMB 185 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC12 + 0,70 \times LC8$  |
| COMB 186 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC12 + 0,70 \times LC9$  |
| COMB 187 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC12 + 0,70 \times LC10$ |
| COMB 188 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC13 + 0,70 \times LC3$  |

|          |   |
|----------|---|
| COMB 189 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC13 + 0,70 \times LC4$  |
| COMB 190 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC13 + 0,70 \times LC5$  |
| COMB 191 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC13 + 0,70 \times LC6$  |
| COMB 192 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC13 + 0,70 \times LC7$  |
| COMB 193 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC13 + 0,70 \times LC8$  |
| COMB 194 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC13 + 0,70 \times LC9$  |
| COMB 195 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC13 + 0,70 \times LC10$ |
| COMB 196 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC14 + 0,70 \times LC3$  |
| COMB 197 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC14 + 0,70 \times LC4$  |
| COMB 198 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC14 + 0,70 \times LC5$  |
| COMB 199 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC14 + 0,70 \times LC6$  |
| COMB 200 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC14 + 0,70 \times LC7$  |
| COMB 201 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC14 + 0,70 \times LC8$  |
| COMB 202 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC14 + 0,70 \times LC9$  |
| COMB 203 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC14 + 0,70 \times LC10$ |
| COMB 204 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC15 + 0,70 \times LC3$  |
| COMB 205 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC15 + 0,70 \times LC4$  |
| COMB 206 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC15 + 0,70 \times LC5$  |
| COMB 207 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC15 + 0,70 \times LC6$  |
| COMB 208 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC15 + 0,70 \times LC7$  |
| COMB 209 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC15 + 0,70 \times LC8$  |
| COMB 210 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC15 + 0,70 \times LC9$  |
| COMB 211 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC15 + 0,70 \times LC10$ |
| COMB 212 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC16 + 0,70 \times LC3$  |
| COMB 213 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC16 + 0,70 \times LC4$  |
| COMB 214 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC16 + 0,70 \times LC5$  |
| COMB 215 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC16 + 0,70 \times LC6$  |

|          |   |
|----------|---|
| COMB 216 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC16 + 0,70 \times LC7$  |
| COMB 217 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC16 + 0,70 \times LC8$  |
| COMB 218 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC16 + 0,70 \times LC9$  |
| COMB 219 | $1,00 \times (LC1+LC2) + 1,00 \times LC16 + 0,70 \times LC10$ |



PRILOG 7.  
DEFORMACIJE DIJELA KONSTRUKCIJE B

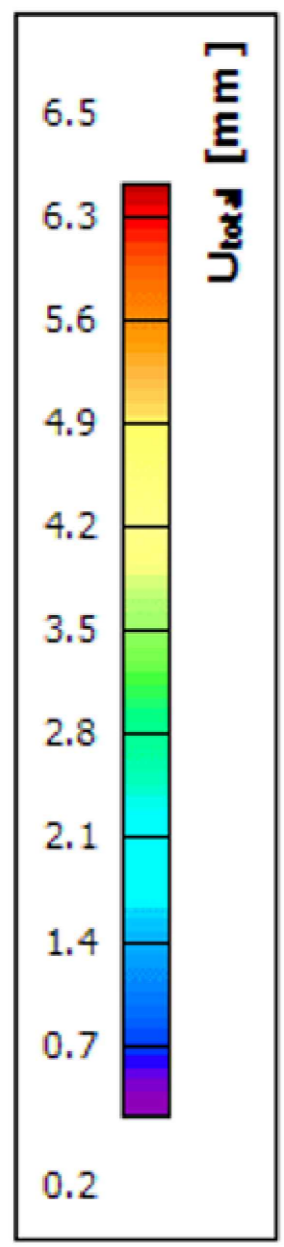
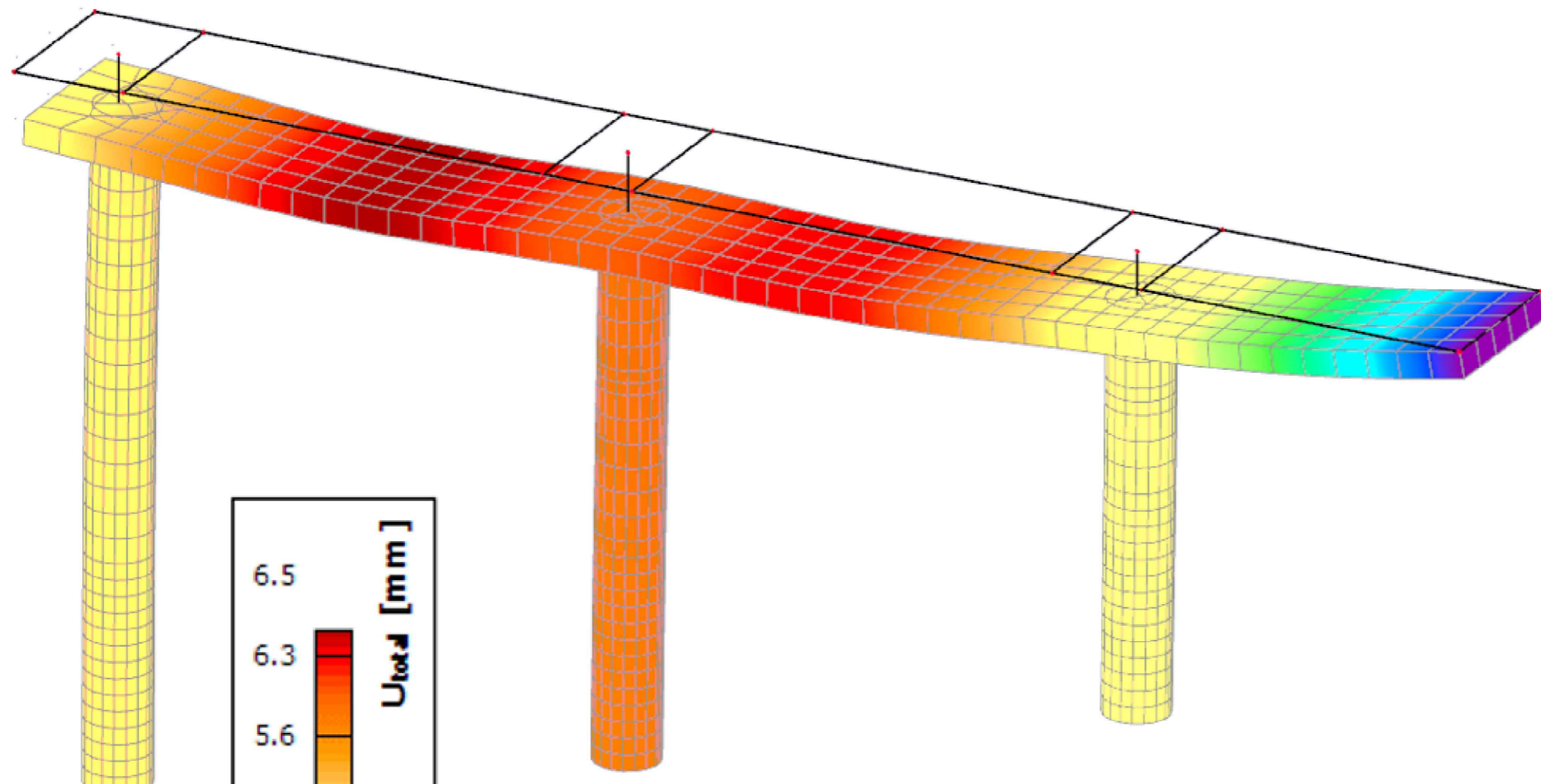


PRILOG 8. *Kombinacije opterećenja za granično stanje nosivosti za dio konstrukcije C*

|         |  |
|---------|--|
| COMB 1  | $1,35 \times LC1 + 1,5 \times LC2$                   |
| COMB 2  | $1,35 \times LC1 + 1,5 \times LC3$                   |
| COMB 5  | $1,35 \times LC1 + 1,5 \times LC4$                   |
| COMB 6  | $1,35 \times LC1 + 1,5 \times LC5$                   |
| COMB 7  | $1,35 \times LC1 + 1,5 \times LC6$                   |
| COMB 8  | $1,35 \times LC1 + 1,5 \times LC7$                   |
| COMB 9  | $1,35 \times LC1 + 1,5 \times LC8$                   |
| COMB 10 | $1,35 \times LC1 + 1,5 \times LC2 + 0,9 \times LC7$  |
| COMB 11 | $1,35 \times LC1 + 1,5 \times LC2 + 0,9 \times LC8$  |
| COMB 12 | $1,35 \times LC1 + 1,5 \times LC3 + 0,9 \times LC7$  |
| COMB 13 | $1,35 \times LC1 + 1,5 \times LC3 + 0,9 \times LC8$  |
| COMB 14 | $1,35 \times LC1 + 1,5 \times LC4 + 0,9 \times LC7$  |
| COMB 15 | $1,35 \times LC1 + 1,5 \times LC4 + 0,9 \times LC8$  |
| COMB 16 | $1,35 \times LC1 + 1,5 \times LC5 + 0,9 \times LC7$  |
| COMB 17 | $1,35 \times LC1 + 1,5 \times LC5 + 0,9 \times LC8$  |
| COMB 18 | $1,35 \times LC1 + 1,5 \times LC6 + 0,9 \times LC7$  |
| COMB 19 | $1,35 \times LC1 + 1,5 \times LC6 + 0,9 \times LC8$  |
| COMB 20 | $1,35 \times LC1 + 1,05 \times LC2 + 1,5 \times LC7$ |
| COMB 21 | $1,35 \times LC1 + 1,05 \times LC2 + 1,5 \times LC8$ |
| COMB 22 | $1,35 \times LC1 + 1,05 \times LC3 + 1,5 \times LC7$ |
| COMB 23 | $1,35 \times LC1 + 1,05 \times LC3 + 1,5 \times LC8$ |
| COMB 24 | $1,35 \times LC1 + 1,05 \times LC4 + 1,5 \times LC7$ |
| COMB 25 | $1,35 \times LC1 + 1,05 \times LC4 + 1,5 \times LC8$ |
| COMB 26 | $1,35 \times LC1 + 1,05 \times LC5 + 1,5 \times LC7$ |
| COMB 27 | $1,35 \times LC1 + 1,05 \times LC5 + 1,5 \times LC8$ |
| COMB 28 | $1,35 \times LC1 + 1,05 \times LC6 + 1,5 \times LC7$ |
| COMB 29 | $1,35 \times LC1 + 1,05 \times LC6 + 1,5 \times LC8$ |

PRILOG 9. *Kombinacije opterećenja za granično stanje uporabljivosti za dio konstrukcije C*

|         |  |
|---------|--|
| COMB 30 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC2$                  |
| COMB 31 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC3$                  |
| COMB 32 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC4$                  |
| COMB 33 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC5$                  |
| COMB 34 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC6$                  |
| COMB 35 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC7$                  |
| COMB 36 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC8$                  |
| COMB 37 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC2 + 0,6 \times LC7$ |
| COMB 38 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC2 + 0,6 \times LC8$ |
| COMB 39 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC3 + 0,6 \times LC7$ |
| COMB 40 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC3 + 0,6 \times LC8$ |
| COMB 41 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC4 + 0,6 \times LC7$ |
| COMB 42 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC4 + 0,6 \times LC8$ |
| COMB 43 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC5 + 0,6 \times LC7$ |
| COMB 44 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC5 + 0,6 \times LC8$ |
| COMB 45 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC6 + 0,6 \times LC7$ |
| COMB 46 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC6 + 0,6 \times LC8$ |
| COMB 47 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC7 + 0,7 \times LC2$ |
| COMB 48 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC7 + 0,7 \times LC3$ |
| COMB 49 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC7 + 0,7 \times LC4$ |
| COMB 50 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC7 + 0,7 \times LC5$ |
| COMB 51 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC7 + 0,7 \times LC6$ |
| COMB 52 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC8 + 0,7 \times LC2$ |
| COMB 53 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC8 + 0,7 \times LC3$ |
| COMB 54 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC8 + 0,7 \times LC4$ |
| COMB 55 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC8 + 0,7 \times LC5$ |
| COMB 56 | $1,00 \times LC1 + 1,00 \times LC8 + 0,7 \times LC6$ |

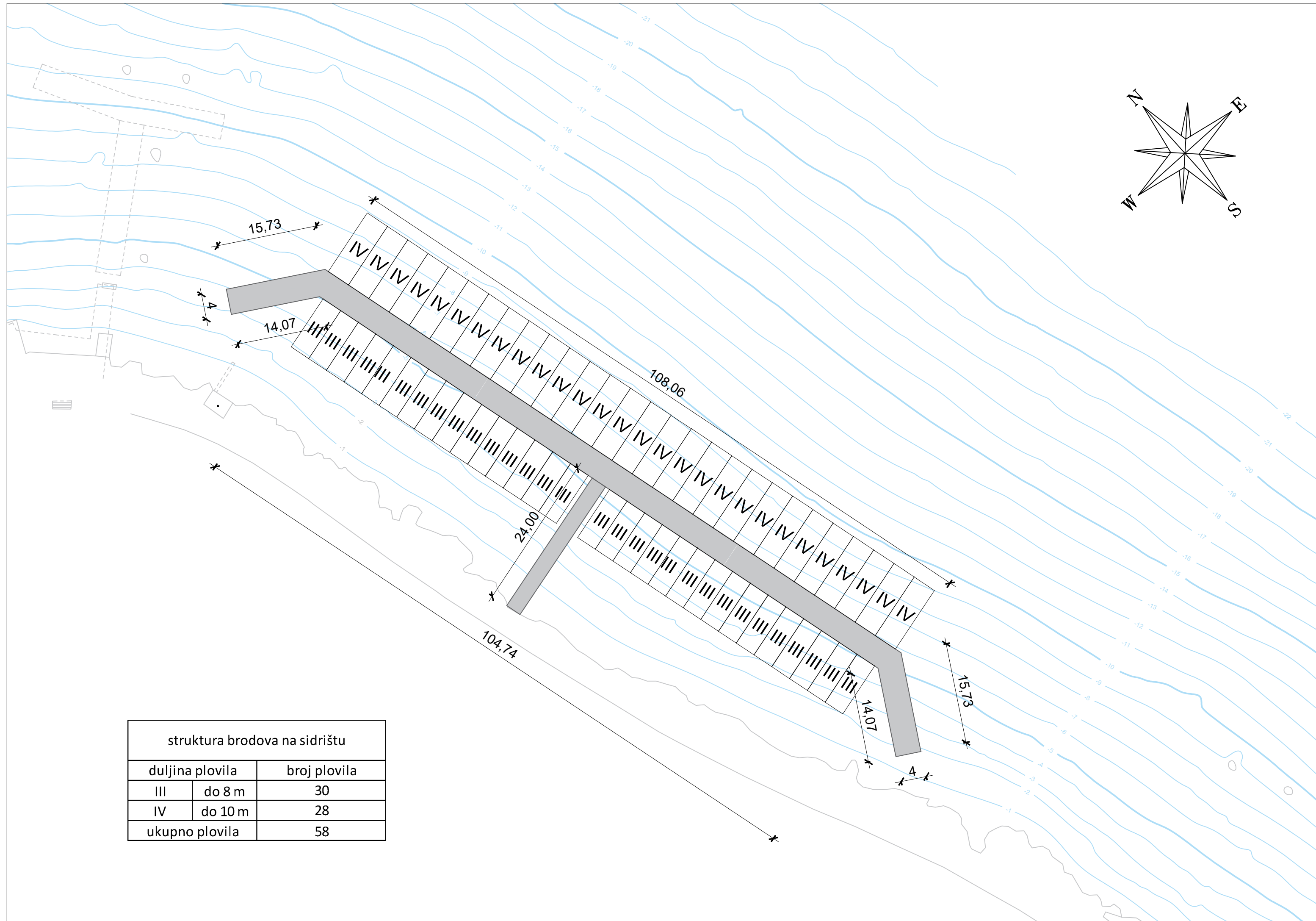


PRILOG 10.

DEFORMACIJE DIJELA KONSTRUKCIJE C

## NACRTI

1. Situacija rekonstruiranog stanja.....MJ. 1:500
2. Tlocrt dispozicije pilota.....MJ. 1:200
3. Tlocrt dispozicije naglavnica.....MJ. 1:200
4. Tlocrt dispozicije valobranih ekrana.....MJ. 1:200
5. Tlocrt konstrukcije lukobrana.....MJ. 1:200
6. Poprečni presjek lukobrana 1-1.....MJ. 1:50
7. Poprečni presjek lukobrana 2-2.....MJ. 1:50
8. Poprečni presjek lukobrana 3-3.....MJ. 1:50

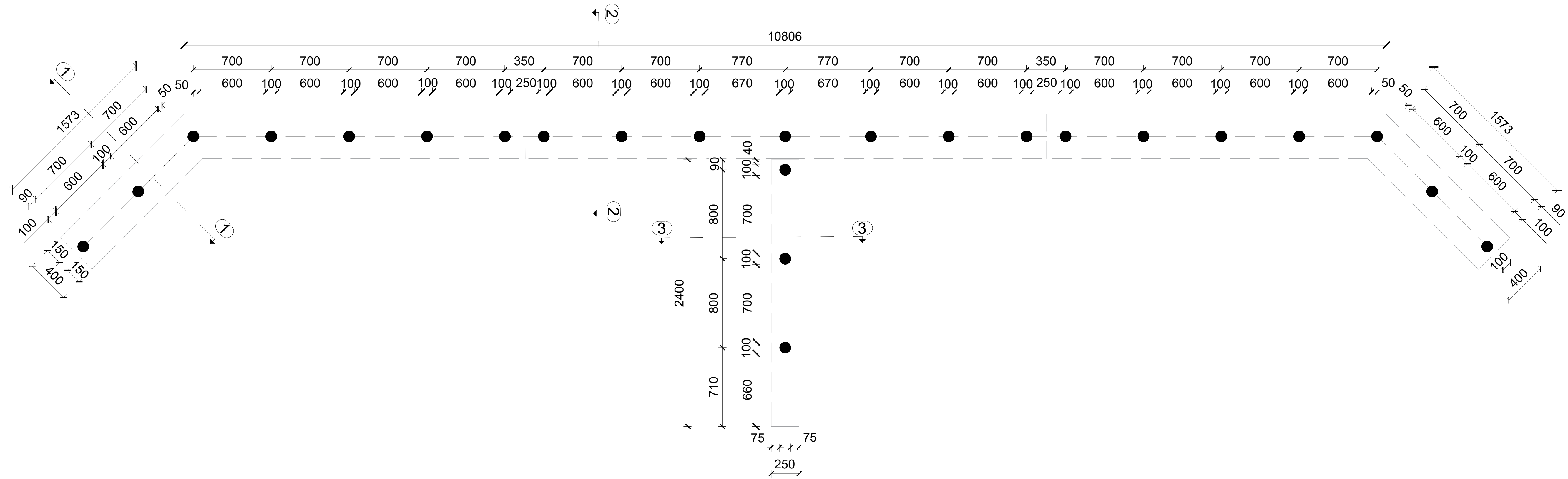


# SITUACIJA REKONSTRUIRANOG STANJA

MJ. 1:500

| struktura brodova na sidrištu |              |    |
|-------------------------------|--------------|----|
| duljina plovila               | broj plovila |    |
| III                           | do 8 m       | 30 |
| IV                            | do 10 m      | 28 |
| ukupno plovila                | 58           |    |

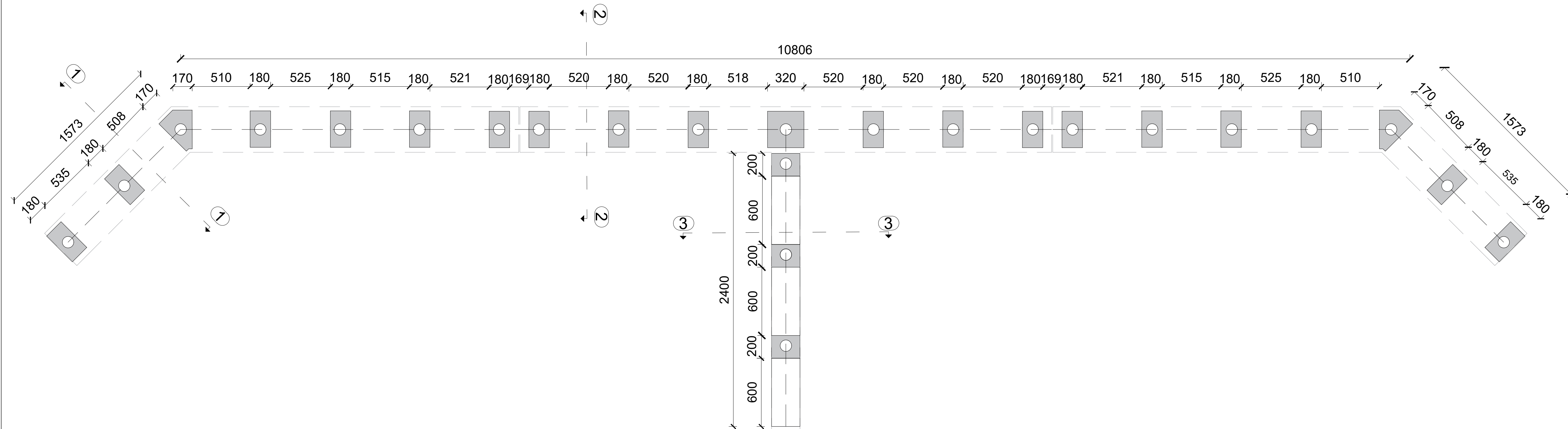
|  |                     |                                     |            |
|--|---------------------|-------------------------------------|------------|
| <b>G</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI<br><b>F</b>                              |                     |                                     |            |
| Diplomski rad:   |                     | Sadržaj nacрта:                     |            |
| PRIMJENA BIM-A U IZRADI<br>VARIJANTNIH RJEŠENJA<br>KONSTRUKCIJE LUKOBRANA<br>U UVALI VELOPIN |                     | SITUACIJA<br>REKONSTRUIRANOG STANJA |            |
| Student:<br>Katarina Tutić   |                     | Kolegij:<br>Računalno modeliranje   |            |
| Mentor:<br>doc. dr. sc. Neira Torić Malić  | Datum:<br>1.4.2022. | Mjerilo:<br>1:500                   | List:<br>1 |



## TLOCRT DISPOZICIJE PILOTA

MJ. 1:200

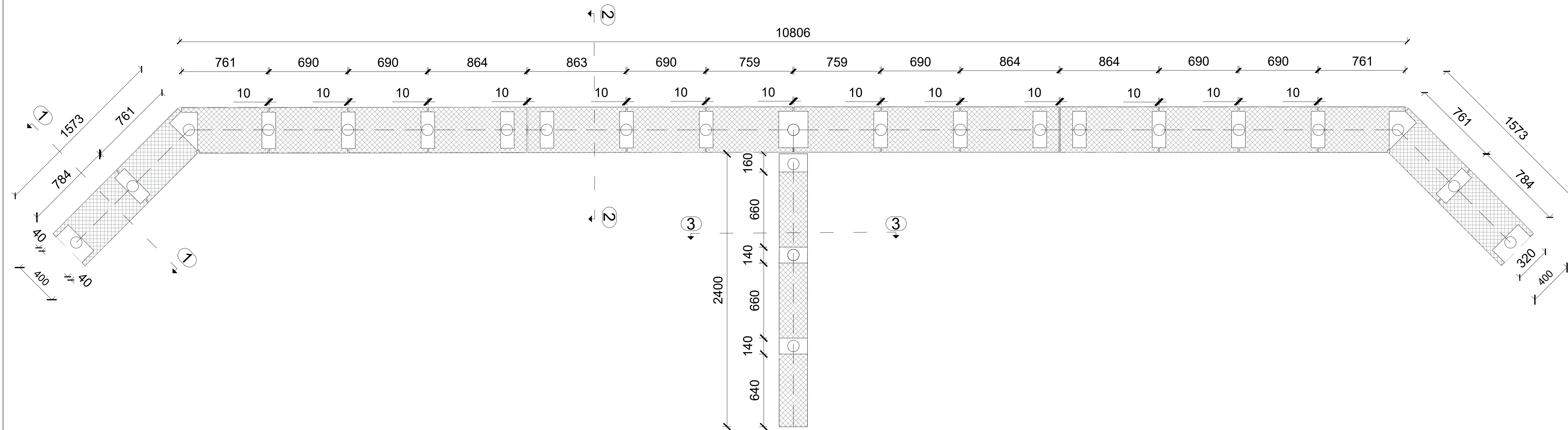
|  |                     |  |            |
|--|---------------------|--|------------|
| <b>G</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI<br><b>F</b>  |                     |  |            |
| Diplomski rad:<br>PRIMJENA BIM-A U IZRADI<br>VARIJANTNIH RJEŠENJA<br>KONSTRUKCIJE LUKOBRANA<br>U UVALI VELOPIN |                     | Sadržaj nacрта:<br>TLOCRT DISPOZICIJE PILOTA |            |
| Student:<br>Katarina Tutić   |                     | Kolegij:<br>Računalno modeliranje            |            |
| Mentor:<br>doc. dr. sc. Neira Torić Malić  | Datum:<br>1.4.2022. | Mjerilo:<br>1:200                            | List:<br>2 |



## TLOCRT DISPOZICIJE NAGLAVNIH GREDA

MJ. 1:200

|  |                     |  |            |
|--|---------------------|--|------------|
| <b>G</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI<br><b>F</b>  |                     |  |            |
| Diplomski rad:<br>PRIMJENA BIM-A U IZRADI<br>VARIJANTNIH RJEŠENJA<br>KONSTRUKCIJE LUKOBRANA<br>U UVALI VELOPIN |                     | Sadržaj nacрта:<br>TLOCRT DISPOZICIJE<br>NAGLAVNIH GREDA |            |
| Student:<br>Katarina Tutić   |                     | Kolegij:<br>Računalno modeliranje                        |            |
| Mentor:<br>doc. dr. sc. Neira Torić Malić  | Datum:<br>1.4.2022. | Mjerilo:<br>1:200  | List:<br>3 |

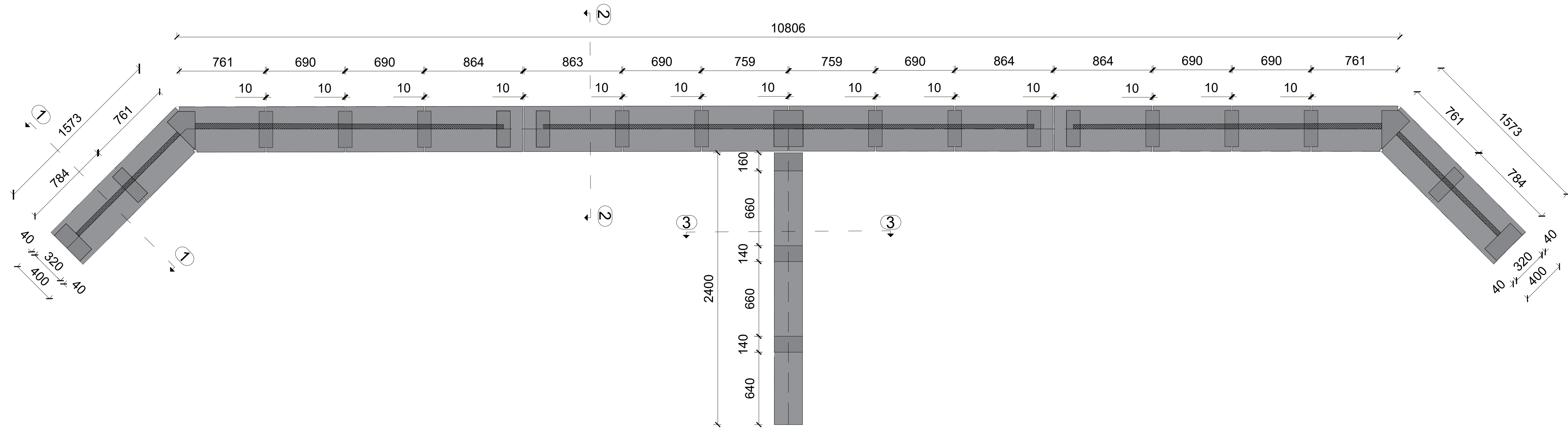


## TLOCRT DISPOZICIJE VALOBRANIH EKRANA

MJ. 1:200

|  |                     |  |            |
|--|---------------------|--|------------|
| <b>G</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI<br><b>F</b>  |                     |  |            |
| Diplomski rad:<br>PRIMJENA BIM-A U IZRADI<br>VARIJANTNIH RJEŠENJA<br>KONSTRUKCIJE LUKOBRANA<br>U UVALI VELOPIN |                     | Sadržaj nacрта:<br>TLOCRT DISPOZICIJE<br>VALOBRANIH EKRANA |            |
| Student:<br>Katarina Tutić   |                     | Kolegij:<br>Računalno modeliranje                          |            |
| Mentor:<br>doc. dr. sc. Neira Torić Malić  | Datum:<br>1.4.2022. | Mjerilo:<br>1:200  | List:<br>4 |

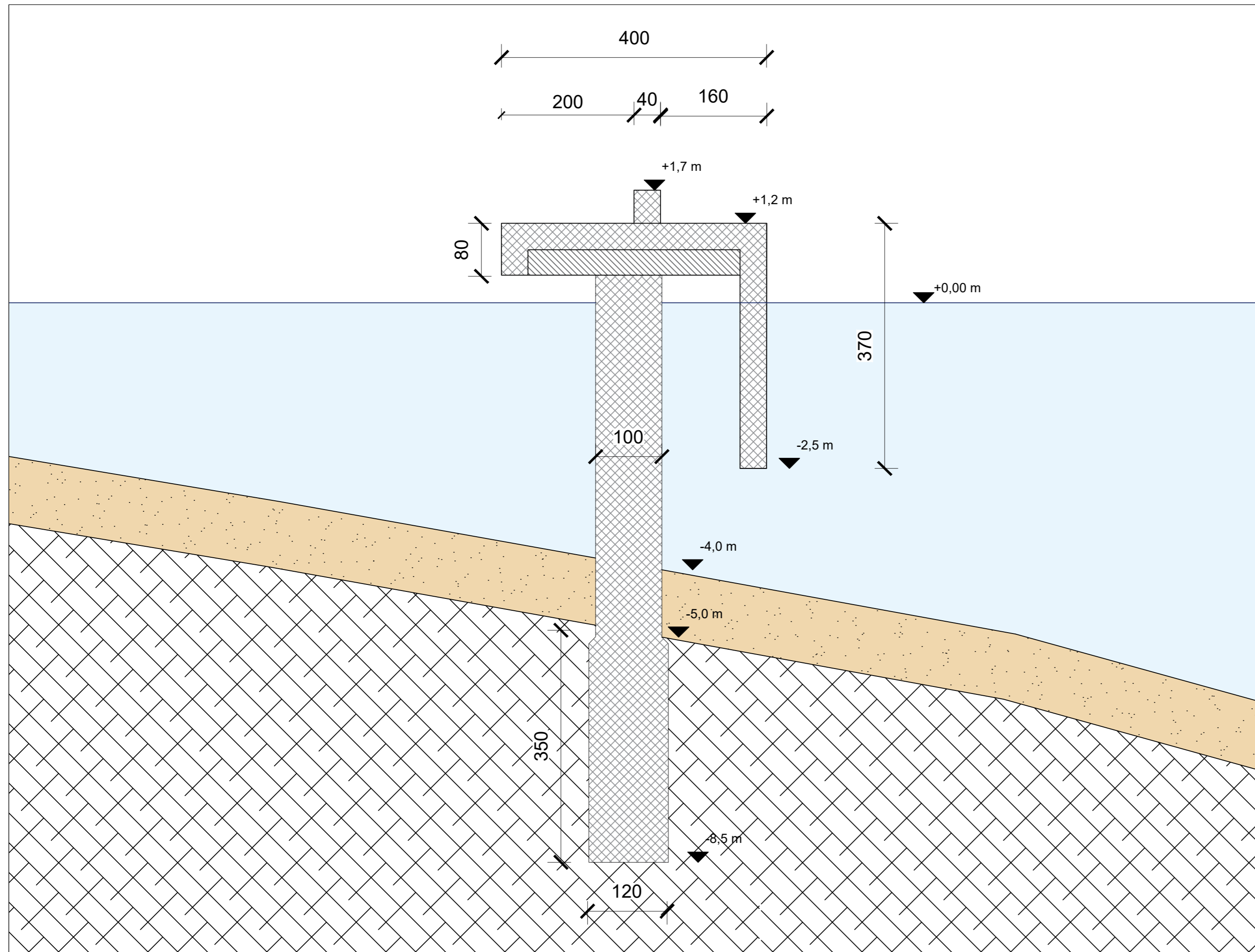




## TLOCRT KONSTRUKCIJE VALOBRANA

MJ. 1:200

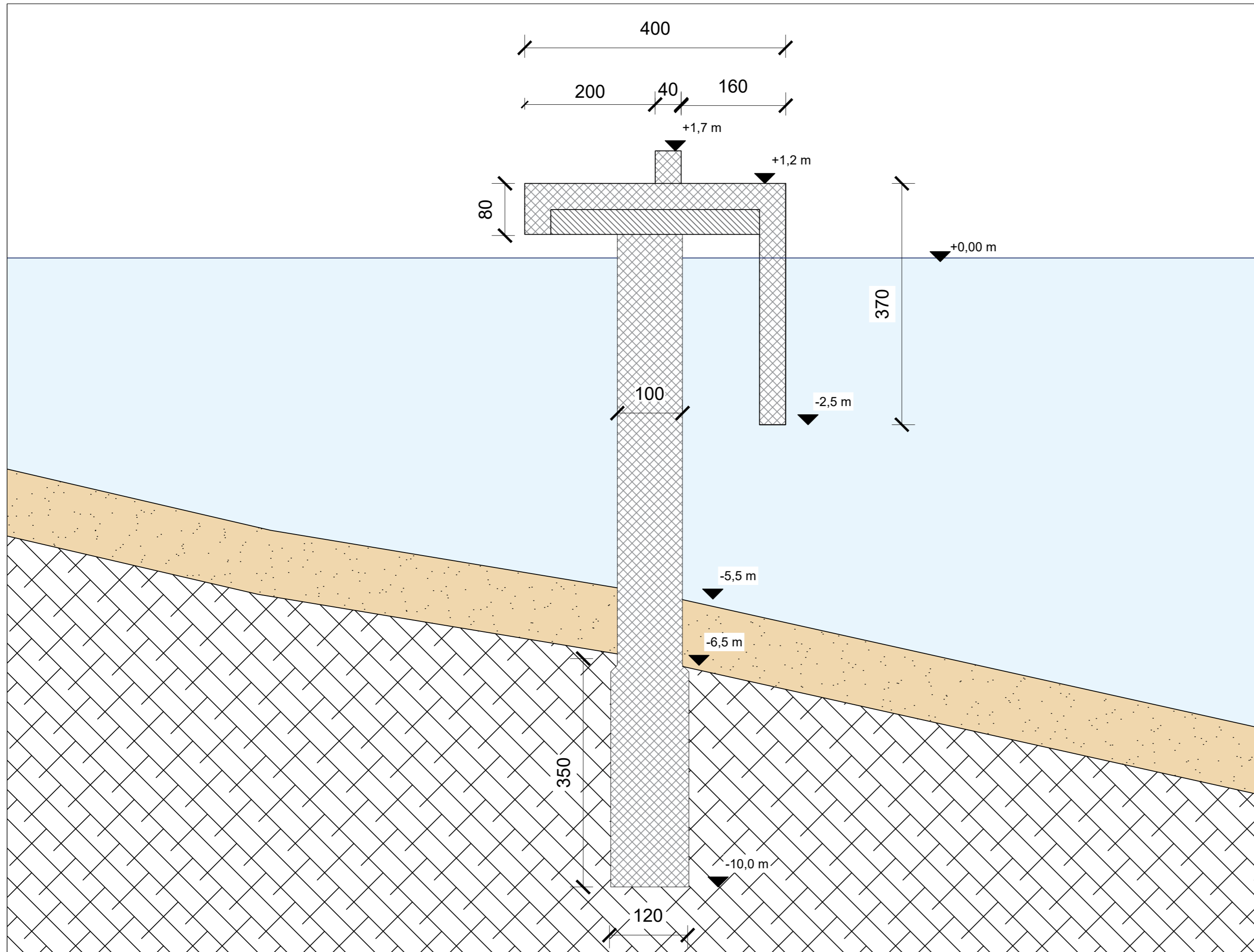
|  |                     |  |            |
|--|---------------------|--|------------|
| <b>G</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI<br><b>F</b>  |                     |  |            |
| Diplomski rad:<br>PRIMJENA BIM-A U IZRADI<br>VARIJANTNIH RJEŠENJA<br>KONSTRUKCIJE LUKOBRANA<br>U UVALI VELOPIN |                     | Sadržaj nacrt:<br>TLOCRT KONSTRUKCIJE<br>VALOBRANA |            |
| Student:<br>Katarina Tutić   |                     | Kolegij:<br>Računalno modeliranje                  |            |
| Mentor:<br>doc. dr. sc. Neira Torić Malić  | Datum:<br>1.4.2022. | Mjerilo:<br>1:200                                  | List:<br>5 |



## POPREČNI PRESJEK LUKOBRANA 1-1

MJ. 1:50

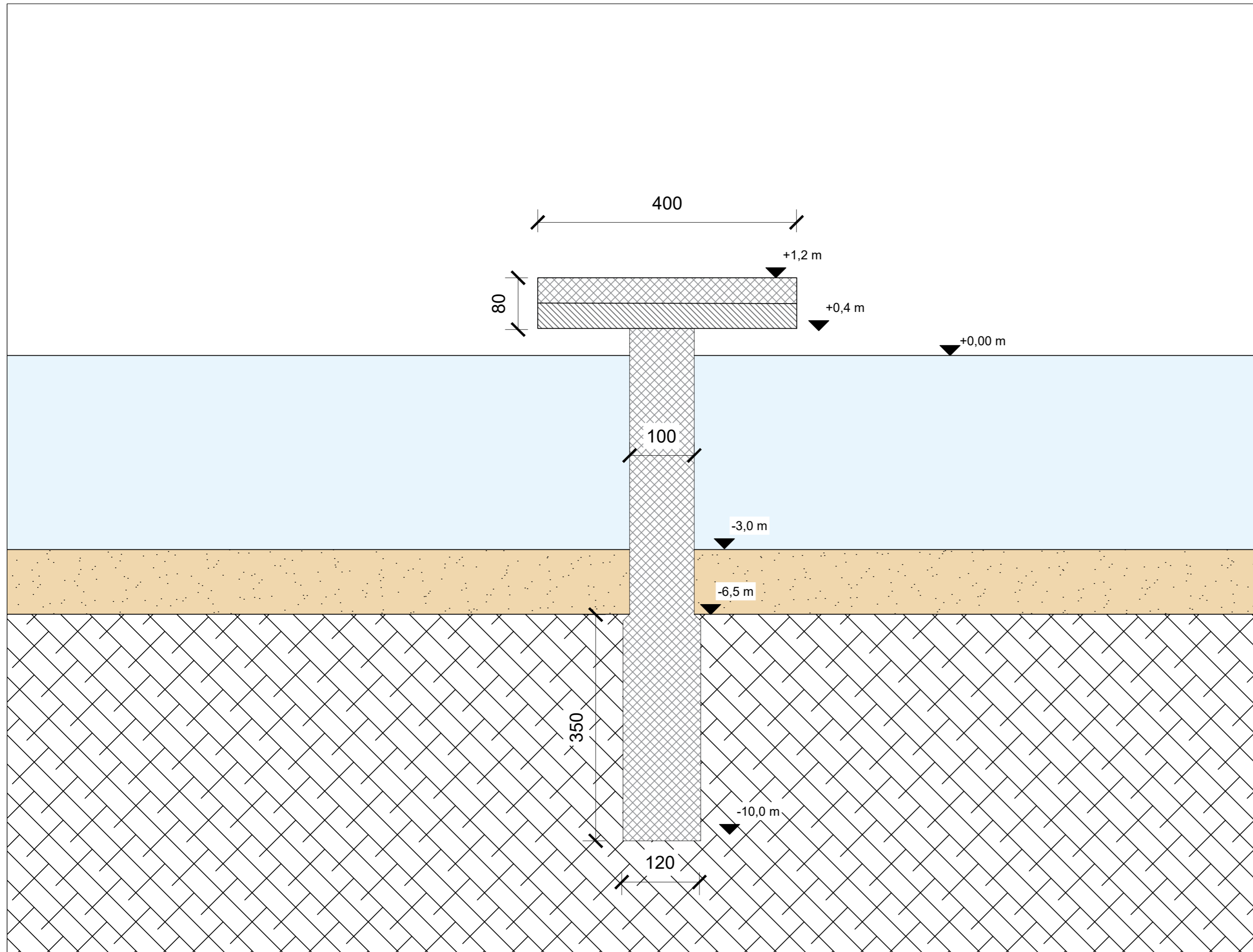
|  |                     |  |            |
|--|---------------------|--|------------|
| <b>G</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI<br><b>F</b>  |                     |  |            |
| Diplomski rad:<br>PRIMJENA BIM-A U IZRADI<br>VARIJANTNIH RJEŠENJA<br>KONSTRUKCIJE LUKOBRANA<br>U UVALI VELOPIN |                     | Sadržaj nacrt:<br>POPREČNI PRESJEK LUKOBRANA 1-1 |            |
| Student:<br>Katarina Tutić   |                     | Kolegij:<br>Računalno modeliranje                |            |
| Mentor:<br>doc. dr. sc. Neira Torić Malić  | Datum:<br>1.4.2022. | Mjerilo:<br>1:50                                 | List:<br>6 |



## POPREČNI PRESJEK LUKOBRAHA 2-2

MJ. 1:50

|   |           |                                |       |
|---|-----------|--------------------------------|-------|
| <b>G</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI<br><b>F</b>                     |           |                                |       |
| Diplomski rad:  |           | Sadržaj nacрта:                |       |
| PRIMJENA BIM-A U IZRADI VARIJANTNIH RJEŠENJA KONSTRUKCIJE LUKOBRAHA U UVALI VELOPIN |           | POPREČNI PRESJEK LUKOBRAHA 2-2 |       |
| Student:  |           | Kolegij:                       |       |
| Katarina Tutić  |           | Računalno modeliranje          |       |
| Mentor:   | Datum:    | Mjerilo:                       | List: |
| doc. dr. sc. Neira Torić Malić  | 1.4.2022. | 1:50                           | 7     |



## POPREČNI PRESJEK LUKOBRAVA 3-3

MJ. 1:50

|  |  |  |                  |
|--|--|--|------------------|
| <b>G</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI<br><b>F</b>  |  |  |                  |
| Diplomski rad:<br>PRIMJENA BIM-A U IZRADI<br>VARIJANTNIH RJEŠENJA<br>KONSTRUKCIJE LUKOBRAVA<br>U UVALI VELOPIN |  | Sadržaj nacrt:<br>POPREČNI PRESJEK LUKOBRAVA 3-3 |                  |
| Student:<br>Katarina Tutić   |  | Kolegij:<br>Računalno modeliranje                |                  |
| Mentor:<br>doc. dr. sc. Neira Torić Malić  |  | Datum:<br>1.4.2022.                              | Mjerilo:<br>1:50 |
|  |  | List:<br>8                                       |                  |